

연구보고서

작업환경측정 DB를 통한 유해인자 노출감시 및 노출 평가 활용 방안(II)

박해동·박현희·변혜영

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요약문

- 연구기간 2024년 2월 ~ 2024년 11월
- 핵심단어 작업환경측정, 고위험업종, 노출, 노출지수
- 연구과제명 작업환경측정 DB를 통한 유해인자 노출감시 및 노출 평가 활용 방안(II)

1. 연구배경

산업안전보건법에 따라 사업주는 작업환경측정을 실시하여 안전한 작업 환경을 조성하고 근로자의 건강을 보호해야 한다. 각 사업장에서 측정된 결과는 고용노동부에 제출해야 하며, 이 데이터는 안전보건공단 데이터베이스에 지속적으로 축적되고 있다.

데이터베이스의 축적된 데이터에는 작업공정, 유해물질, 노출농도, 근로자 수 등 다양한 정보를 포함하고 있다. 이러한 정보는 산업보건전문가가 각 현장을 방문하여 수집된 중요한 자료이다. 그러나, 이러한 자료들을 광범위하게 분석하거나 정책 개발에 사용하는 데에는 제한적이었다. 이에, 본 연구에서는 축적된 자료에서 유의미한 자료를 추출하여 활용하는 방안에 대해서 연구하고자 하였다.

2. 주요 연구내용

이 연구는 2023년에 수행된 연구의 후속으로 수행되는 연구이다. 2023년 연구에서는 전반적인 작업환경측정현황과 37개 특별관리물질을 대상으로

고위험업종을 추정하는 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 산업안전보건법에 의해 규제되는 수준 및 중대재해처벌법에 명시된 직업병과 관련된 유해물질 등을 검토하여 연구대상물질을 선정하여 물질별 노출현황과 고위험업종 추출 등을 다루었다.

1) 연구대상 선정 및 자료정리

안전검사 대상물질, 급성중독 발생현황, 중대재해처벌법의 직업성 질병 관련 물질 등을 검토하여 54종의 유해인자를 선정하였다. 이러한 선정 과정은 근로자의 건강에 중대한 영향을 미치는 다양한 유해인자를 포괄하고 중요도가 높은 물질을 포함하도록 하였다. 노출기준, 측정시간 등에서 일정한 기준을 적용하여 자료를 정제하였고, 불검출값은 측정보고된 최소값을 2로 나누어서 대체하고, 측정값을 노출기준으로 나누어서 노출지수를 계산한 후 이후의 통계처리에 사용하였다.

2) 유해인자별 작업환경 측정현황 분석

각 물질별 연도별 측정현황과 불검출값의 현황 및 노출지수 구간별 측정현황을 살펴보았다. 불검출값을 대체하여 사용하는 경우와 제거한 경우를 비교하여 그래프로 표현하였다. 세세업종분류를 기준으로 측정건수가 많은 업종, 기하평균값이 높은 업종과 95% tile이 높은 업종 순으로 15개 업종을 표기하고, 다양한 통계값을 제시하였다. 95% tile을 기준으로 노출 등급을 산출하고, 측정사업장수와 노출수준을 반영하여 중요업종지수(중요지수)를 산출하였다. 중요지수가 높은 상위 15개 업종을 제시하였다.

3) 고위험업종

각 물질별 노출 등급에 따른 업종 수 및 주요 등급에 따른 업종 수를 정리하였다. 유기화합물 20종에서 측정값이 있는 세세업종은 6,765개 였으며(중복있음), 노출 등급 4등급에 속하는 업종은 8개(0.1%)였고, 주요등급 4등급은 550개(8.1%)였다. 금속류 10종에서, 측정값이 있는 세세업종은 5,084개 였으며(중복있음), 노출 등급 4등급에 속하는 업종은 5개(0.1%)였고, 주요등급 4등급은 424개(8.3%)였다. 2종의 산에 대한 측정은 1,113개 세세업종(중복)에서 측정되었으며, 노출 4등급은 없었고, 주요 등급 4등급은 75개(6.7%)였다. 가스상태물질류 7종에서는 1,701개 측정 세세업종(중복)에서 노출 4등급은 없었으며, 주요 4등급은 132개(7.8%) 였다. 허가대상물질은 12종에서, 측정값이 있는 세세업종은 417개 였으며(중복있음), 노출 등급 4등급에 속하는 업종은 없었고, 주요등급 4등급은 32개(9.5%)였다. 3종의 분진에서는 측정 세세업종(중복) 1,020개에서 노출 4등급은 4개(0.4%), 주요 4등급은 132개(12.9%)였다.

노출 등급과 주요 등급을 고려하여 산출한 초고위험업종은 유기화합물(디클로로메탄)에서 1개 업종, 분진류(용접흄)에서 1개 업종이 있었다. 고위험업종은 디클로로메탄(10개), 용접흄(8개), 일산화탄소(8개), 인듐(7개), 톨루엔(5개), 트리클로로메탄(5개)의 순으로 많았다.

4) 작업환경측정결과 활용방안

고용노동부, 공공기관, 작업환경측정기관, 연구자 등의 입장에서 측정자료 활용에 대한 입장과 방안에 대해서 간단히 기술하였다. 또한, 자료공개시 우려되는 부분과 그를 해결하기 위한 방안을 제안하고자 하였다. 자료 활용에 있어서 불검출 자료의 영향을 보고자, 불검출값을 대체하여 사용하는 경우와 불검출값을 제거하는 경우를 비교해 보았다.

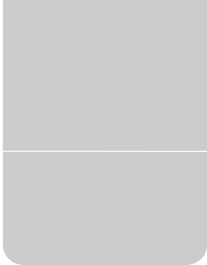
시각화 방안으로, 측정 대상수를 x축으로 두고, 노출수준을 y축으로 하는 2차원적 그래프를 종류별로 작성하여 비교하였다.

3. 연구 활용방안

유해인자별 측정현황을 살펴보고, 세세업종별 위험 분류를 통하여 향후 산업 보건정책수립 및 사업장의 노출평가에서 참고할 수 있도록 하였다. 유해인자별 위험 수준에 따른 사업장의 관리와 감독기관의 모니터링에 활용될 수 있다. 향후 측정현황자료의 공개 및 시각화 등에 참고할 수 있으며, 직업적 노출수준에 대한 기초자료로서 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 유해인자별 세부적인 분석 및 타 물질과의 비교분석 등 후속연구를 통하여 보다 정교하고 의미있는 정보를 추출하고 활용하는 것이 필요하다.

4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 연구위원 박해동
 - ☎ 052) 703. 0883
 - E-mail : workenv@kosha.or.kr



목 차

I. 서 론	1
1. 연구의 배경	3
2. 연구의 목표	4
II. 연구방법	5
1. 연구대상	7
2. 유해인자별 작업환경측정 현황	9
3. 고위험 업종 선정	13
4. 작업환경측정결과 활용방안	14
III. 연구결과	15
1. 연구대상	17
1) 연구대상 유해인자의 선정	17
2) 연구대상 유해인자의 노출기준	25

목 차

3) 작업환경측정 자료추출	32
2. 유해인자별 작업환경측정 현황	41
1) 디클로로메탄	41
2) 메탄올	49
3) 메틸클로로포름	57
4) MDI	64
5) 무수프탈산	71
6) 브롬화메틸	78
7) 스티렌	83
8) 시클로헥사논	91
9) 시클로헥산	99
10) 아닐린	107
11) 아세토니트릴	114
12) 이황화탄소	121
13) 크실렌	129
14) 1,1,2,2-테트라클로로에탄	137
15) 톨루엔	142
16) 2,4-TDI	150
17) 2,6-TDI	159
18) 트리클로로메탄	166

19) HDI	173
20) n-헥산	180
21) 니켈	187
22) 망간	206
23) 산화아연	218
24) 수은	225
25) 안티몬	234
26) 알루미늄	241
27) 인듐	249
28) 주석	256
29) 코발트	270
30) 크롬(3가)	280
31) 불화수소	291
32) 염화수소	302
33) 삼수소화비소	309
34) 시안화수소	316
35) 암모니아	323
36) 염소	330
37) 이산화질소	338
38) 일산화탄소	346
39) 황화수소	353

목 차

40) α -나프틸아민	361
41) 디아니시딘	361
42) 디클로로벤지딘	362
43) 베릴륨	363
44) 벤조트리클로라이드	366
45) 비소	367
46) 염화비닐	374
47) 콜타르피치 휘발물	381
48) 크롬광 가공	388
49) 크롬산 아연	388
50) o-톨리딘	396
51) 황화니켈	397
52) 곡물분진	397
53) 석면분진	405
54) 용접흄	412
3. 고위험 업종 선정	419
4. 작업환경측정결과 활용 방안	430

IV. 결 론	453
참고문헌	457
Abstract	459
부록 : 1. 한국표준산업분류(10차)	463

표 목차

〈표 II-1〉 노출 등급 구분	10
〈표 II-2〉 주요 업종 등급 구분	11
〈표 II-3〉 고위험 업종 선정을 위한 계산방법	13
〈표 III-1〉 연구대상 유해인자 선정 (1)	18
〈표 III-2〉 연구대상 유해인자 선정 (2)	19
〈표 III-3〉 연구대상 유해인자 선정 (3)	20
〈표 III-4〉 연구대상 유해인자 선정 (4)	21
〈표 III-5〉 연구대상 유해인자 선정 (5)	22
〈표 III-6〉 연구대상 유해인자 선정 (6)	23
〈표 III-7〉 연구대상 유해인자 선정 (7)	24
〈표 III-8〉 연구대상 인자 및 노출기준 (1)	26
〈표 III-9〉 연구대상 인자 및 노출기준 (2)	27
〈표 III-10〉 연구대상 인자 및 노출기준 (3)	28
〈표 III-11〉 연구대상 인자 및 노출기준 (4)	29
〈표 III-12〉 연구대상 인자 및 노출기준 (5)	30
〈표 III-13〉 연구대상 인자의 측정 자료 수 (1)	32
〈표 III-14〉 연구대상 인자의 측정 자료 수 (2)	33
〈표 III-15〉 연구대상 인자의 측정 자료 수 (3)	34
〈표 III-16〉 구분별 불검출자료 현황	35
〈표 III-17〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-유기1	36

〈표 III-18〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-유기2	37
[표 III-19] 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-이소시아네이트	37
〈표 III-20〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-금속류	38
〈표 III-21〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-산류	39
〈표 III-22〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-가스상	39
〈표 III-23〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수) -허가대상	40
〈표 III-24〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수) -분진	40
〈표 III-25〉 디클로로메탄의 연도별 측정현황 (with replaced ND)	44
〈표 III-26〉 디클로로메탄의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	45
〈표 III-27〉 디클로로메탄의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	46
〈표 III-28〉 디클로로메탄의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	47
〈표 III-29〉 디클로로메탄의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	48
〈표 III-30〉 메탄올의 연도별 측정현황 (with ND)	52
〈표 III-31〉 메탄올의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황 (with ND)	53
〈표 III-32〉 메탄올의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황 (with ND)	54
〈표 III-33〉 메탄올의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황 (with ND)	55
〈표 III-34〉 메탄올의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	56
〈표 III-35〉 메틸클로로포름의 연도별 측정현황	59
〈표 III-36〉 메틸클로로포름의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	60
〈표 III-37〉 메틸클로로포름의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	61
〈표 III-38〉 메틸클로로포름의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	62

표 목차

〈표 III-39〉 메틸클로로포름의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	63
〈표 III-40〉 MDI의 연도별 측정현황	66
〈표 III-41〉 MDI의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	67
〈표 III-42〉 MDI의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	68
〈표 III-43〉 MDI의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	69
〈표 III-44〉 MDI의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	70
〈표 III-45〉 무수프탈산의 연도별 측정현황	73
〈표 III-46〉 무수프탈산의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	74
〈표 III-47〉 무수프탈산의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	75
〈표 III-48〉 무수프탈산의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	76
〈표 III-49〉 무수프탈산의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	77
〈표 III-50〉 브롬화메틸의 연도별 측정현황	80
〈표 III-51〉 브롬화메틸의 측정건수 상위 10 세세업종의 측정현황	81
〈표 III-52〉 브롬화메틸의 주요 업종 (중요업종지수 상위 10개 업종)	82
〈표 III-53〉 스티렌의 연도별 측정현황	86
〈표 III-54〉 스티렌의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	87
〈표 III-55〉 스티렌의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	88
〈표 III-56〉 스티렌의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	89
〈표 III-57〉 스티렌의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	90
〈표 III-58〉 시클로헥사논의 연도별 측정현황	94
〈표 III-59〉 시클로헥사논의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	95

〈표 III-60〉 시클로헥사논의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	96
〈표 III-61〉 시클로헥사논의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	97
〈표 III-62〉 시클로헥사논의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	98
〈표 III-63〉 시클로헥산의 연도별 측정현황	102
〈표 III-64〉 시클로헥산의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	103
〈표 III-65〉 시클로헥산의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	104
〈표 III-66〉 시클로헥산의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	105
〈표 III-67〉 시클로헥산의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	106
〈표 III-68〉 아닐린의 연도별 측정현황	109
〈표 III-69〉 아닐린의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	110
〈표 III-70〉 아닐린의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	111
〈표 III-71〉 아닐린의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	112
〈표 III-72〉 아닐린의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	113
〈표 III-73〉 아세토니트릴의 연도별 측정현황	116
〈표 III-74〉 아세토니트릴의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	117
〈표 III-75〉 아세토니트릴의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	118
〈표 III-76〉 아세토니트릴의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	119
〈표 III-77〉 아세토니트릴의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	120
〈표 III-78〉 이황화탄소의 연도별 측정현황	124
〈표 III-79〉 이황화탄소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	125
〈표 III-80〉 이황화탄소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	126

표 목차

〈표 III-81〉 이황화탄소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	127
〈표 III-82〉 이황화탄소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	128
〈표 III-83〉 크실렌의 연도별 측정현황	132
〈표 III-84〉 크실렌의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	133
〈표 III-85〉 크실렌의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	134
〈표 III-86〉 크실렌의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	135
〈표 III-87〉 크실렌의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	136
〈표 III-88〉 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 연도별 측정현황	139
〈표 III-89〉 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황 ..	140
〈표 III-90〉 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종) ..	141
〈표 III-91〉 톨루엔의 연도별 측정현황	145
〈표 III-92〉 톨루엔의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	146
〈표 III-93〉 톨루엔의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	147
〈표 III-94〉 톨루엔의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	148
〈표 III-95〉 톨루엔의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	149
〈표 III-96〉 2,4-TDI의 연도별 측정현황	154
〈표 III-97〉 2,4-TDI의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	155
〈표 III-98〉 2,4-TDI의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	156
〈표 III-99〉 2,4-TDI의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	157
〈표 III-100〉 2,4-TDI의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	158
〈표 III-101〉 2,6-TDI의 연도별 측정현황	161

〈표 III-102〉 2,6-TDI의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	162
〈표 III-103〉 2,6-TDI의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	163
〈표 III-104〉 2,6-TDI의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	164
〈표 III-105〉 2,6-TDI의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	165
〈표 III-106〉 트리클로로메탄의 연도별 측정현황	168
〈표 III-107〉 트리클로로메탄의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	169
〈표 III-108〉 트리클로로메탄의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	170
〈표 III-109〉 트리클로로메탄의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	171
〈표 III-110〉 트리클로로메탄의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종) ..	172
〈표 III-111〉 HDI의 연도별 측정현황	175
〈표 III-112〉 HDI의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	176
〈표 III-113〉 HDI의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	177
〈표 III-114〉 HDI의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	178
〈표 III-115〉 HDI의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	179
〈표 III-116〉 n-헥산의 연도별 측정현황	182
〈표 III-117〉 n-헥산의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	183
〈표 III-118〉 n-헥산의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	184
〈표 III-119〉 n-헥산의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	185
〈표 III-120〉 n-헥산의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	186
〈표 III-121〉 니켈(금속)의 연도별 측정현황	191
〈표 III-122〉 니켈(금속)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	192

표 목차

〈표 III-123〉 니켈(금속)의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	193
〈표 III-124〉 니켈(금속)의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	194
〈표 III-125〉 니켈(금속)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	195
〈표 III-126〉 니켈(가용성화합물)의 연도별 측정현황	197
〈표 III-127〉 니켈(가용성화합물)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황 ..	198
〈표 III-128〉 니켈(가용성화합물)의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황 ..	199
〈표 III-129〉 니켈(가용성화합물)의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황 ..	200
〈표 III-130〉 니켈(가용성화합물)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종) ..	201
〈표 III-131〉 니켈카르보닐의 연도별 측정현황	203
〈표 III-132〉 니켈카르보닐의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	204
〈표 III-133〉 니켈카르보닐의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	205
〈표 III-134〉 망간의 연도별 측정현황	213
〈표 III-135〉 망간의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	214
〈표 III-136〉 망간의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	215
〈표 III-137〉 망간의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	216
〈표 III-138〉 망간의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	217
〈표 III-139〉 산화아연의 연도별 측정현황	220
〈표 III-140〉 산화아연의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	221
〈표 III-141〉 산화아연의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	222
〈표 III-142〉 산화아연의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	223
〈표 III-143〉 산화아연의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	224

〈표 III-144〉 수은(아릴+알킬)의 연도별 측정현황	229
〈표 III-145〉 수은(아릴+알킬)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황 ...	230
〈표 III-146〉 수은(아릴+알킬)의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황 ...	231
〈표 III-147〉 수은(아릴+알킬)의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	232
〈표 III-148〉 수은(아릴+알킬)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종) ..	233
〈표 III-149〉 안티몬의 연도별 측정현황	236
〈표 III-150〉 안티몬의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	237
〈표 III-151〉 안티몬의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	238
〈표 III-152〉 안티몬의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	239
〈표 III-153〉 안티몬의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	240
〈표 III-154〉 알루미늄의 연도별 측정현황	244
〈표 III-155〉 알루미늄의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	245
〈표 III-156〉 알루미늄의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	246
〈표 III-157〉 알루미늄의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	247
〈표 III-158〉 알루미늄의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	248
〈표 III-159〉 인듐의 연도별 측정현황	251
〈표 III-160〉 인듐의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	252
〈표 III-161〉 인듐의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	253
〈표 III-162〉 인듐의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	254
〈표 III-163〉 인듐의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	255
〈표 III-164〉 주석의 연도별 측정현황	259

표 목차

〈표 III-165〉 주식의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	260
〈표 III-166〉 주식의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	261
〈표 III-167〉 주식의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	262
〈표 III-168〉 주식의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	263
〈표 III-169〉 유기주식의 연도별 측정현황	265
〈표 III-170〉 유기주식의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	266
〈표 III-171〉 유기주식의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	267
〈표 III-172〉 유기주식의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	268
〈표 III-173〉 유기주식의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	269
〈표 III-174〉 코발트의 연도별 측정현황	275
〈표 III-175〉 코발트의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	276
〈표 III-176〉 코발트의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	277
〈표 III-177〉 코발트의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	278
〈표 III-178〉 코발트의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	279
〈표 III-179〉 크롬의 연도별 측정현황	286
〈표 III-180〉 크롬의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	287
〈표 III-181〉 크롬의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	288
〈표 III-182〉 크롬의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	289
〈표 III-183〉 크롬의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	290
〈표 III-184〉 불화수소(TWA)의 연도별 측정현황	293
〈표 III-185〉 불화수소(TWA)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	294

〈표 III-186〉 불화수소(TWA)의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	295
〈표 III-187〉 불화수소(TWA)의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	296
〈표 III-188〉 불화수소(TWA)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	297
〈표 III-189〉 불화수소(Ceiling)의 연도별 측정현황	299
〈표 III-190〉 불화수소(Ceiling)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	300
〈표 III-191〉 불화수소(Ceiling)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	301
〈표 III-192〉 염화수소의 연도별 측정현황	304
〈표 III-193〉 염화수소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	305
〈표 III-194〉 염화수소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	306
〈표 III-195〉 염화수소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	307
〈표 III-196〉 염화수소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	308
〈표 III-197〉 삼수소화비소의 연도별 측정현황	311
〈표 III-198〉 삼수소화비소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	312
〈표 III-199〉 삼수소화비소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	313
〈표 III-200〉 삼수소화비소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	314
〈표 III-201〉 삼수소화비소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	315
〈표 III-202〉 시안화수소의 연도별 측정현황	318
〈표 III-203〉 시안화수소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	319
〈표 III-204〉 시안화수소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	320
〈표 III-205〉 시안화수소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	321
〈표 III-206〉 시안화수소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	322

표 목차

〈표 III-207〉 암모니아의 연도별 측정현황	325
〈표 III-208〉 암모니아의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	326
〈표 III-209〉 암모니아의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	327
〈표 III-210〉 암모니아의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	328
〈표 III-211〉 암모니아의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	329
〈표 III-212〉 염소의 연도별 측정현황	333
〈표 III-213〉 염소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	334
〈표 III-214〉 염소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	335
〈표 III-215〉 염소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	336
〈표 III-216〉 염소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	337
〈표 III-217〉 이산화질소의 연도별 측정현황	341
〈표 III-218〉 이산화질소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	342
〈표 III-219〉 이산화질소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	343
〈표 III-220〉 이산화질소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	344
〈표 III-221〉 이산화질소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	345
〈표 III-222〉 일산화탄소의 연도별 측정현황	348
〈표 III-223〉 일산화탄소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	349
〈표 III-224〉 일산화탄소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	350
〈표 III-225〉 일산화탄소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	351
〈표 III-226〉 일산화탄소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	352
〈표 III-227〉 황화수소의 연도별 측정현황	356

〈표 III-228〉 황화수소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	357
〈표 III-229〉 황화수소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	358
〈표 III-230〉 황화수소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	359
〈표 III-231〉 황화수소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	360
〈표 III-232〉 비소의 연도별 측정현황	369
〈표 III-233〉 비소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	370
〈표 III-234〉 비소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	371
〈표 III-235〉 비소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	372
〈표 III-236〉 비소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	373
〈표 III-237〉 염화비닐의 연도별 측정현황	376
〈표 III-238〉 염화비닐의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	377
〈표 III-239〉 염화비닐의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	378
〈표 III-240〉 염화비닐의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	379
〈표 III-241〉 염화비닐의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	380
〈표 III-242〉 콜타르피치 휘발물의 연도별 측정현황	383
〈표 III-243〉 콜타르피치 휘발물의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황 ..	384
〈표 III-244〉 콜타르피치 휘발물의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황 ..	385
〈표 III-245〉 콜타르피치 휘발물의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황 ..	386
〈표 III-246〉 콜타르피치 휘발물의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종) ..	387
〈표 III-247〉 크롬산아연의 연도별 측정현황	391
〈표 III-248〉 크롬산아연의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	392

표 목차

〈표 III-249〉 크롬산아연의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	393
〈표 III-250〉 크롬산아연의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	394
〈표 III-251〉 크롬산아연의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	395
〈표 III-252〉 곡물분진의 연도별 측정현황	400
〈표 III-253〉 곡물분진의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	401
〈표 III-254〉 곡물분진의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	402
〈표 III-255〉 곡물분진의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	403
〈표 III-256〉 곡물분진의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	404
〈표 III-257〉 석면분진의 연도별 측정현황	407
〈표 III-258〉 석면분진의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	408
〈표 III-259〉 석면분진의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	409
〈표 III-260〉 석면분진의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	410
〈표 III-261〉 석면분진의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	411
〈표 III-262〉 용접흙의 연도별 측정현황	414
〈표 III-263〉 용접흙의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황	415
〈표 III-264〉 용접흙의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황	416
〈표 III-265〉 용접흙의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황	417
〈표 III-266〉 용접흙의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)	418
〈표 III-267〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -유기화합물	420
〈표 III-268〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -금속류	421
〈표 III-269〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -산및알칼리	422

〈표 III-270〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -가스상	423
〈표 III-271〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -허가대상물질	424
〈표 III-272〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -분진	425
〈표 III-273〉 물질별 고위험 업종 선정 - 유기화합물	427
〈표 III-274〉 물질별 고위험 업종 선정 - 금속류	428
〈표 III-275〉 물질별 고위험 업종 선정 - 산,가스,허가,분진	429
〈표 III-276〉 불검출 처리에 따른 메탄올의 연도별 측정현황	436
〈표 III-277〉 불검출 처리에 따른 메탄올의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황 ...	437
〈표 III-278〉 불검출 처리에 따른 메탄올의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황 ...	438
〈표 III-279〉 불검출 처리에 따른 메탄올의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황 ...	439
〈표 III-280〉 불검출 처리에 따른 메탄올의 주요 업종 (중요업종자수 상위 15개 업종) ..	440
〈표 VI-1〉 한국표준산업분류 세세업종 (01110~10402)	463
〈표 VI-2〉 한국표준산업분류 세세업종 (10403~14191)	464
〈표 VI-3〉 한국표준산업분류 세세업종 (14192~20312)	465
〈표 VI-4〉 한국표준산업분류 세세업종 (20313~23329)	466
〈표 VI-5〉 한국표준산업분류 세세업종 (23911~26212)	467
〈표 VI-6〉 한국표준산업분류 세세업종 (26219~29120)	468
〈표 VI-7〉 한국표준산업분류 세세업종 (29131~31999)	469
〈표 VI-8〉 한국표준산업분류 세세업종 (32011~41229)	470
〈표 VI-9〉 한국표준산업분류 세세업종 (41999~46411)	471

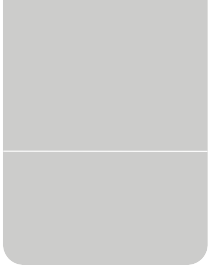


표 목차

〈표 VI-10〉 한국표준산업분류 세세업종 (46412~47130)	472
〈표 VI-11〉 한국표준산업분류 세세업종 (47190~47999)	473
〈표 VI-12〉 한국표준산업분류 세세업종 (49101~56211)	474
〈표 VI-13〉 한국표준산업분류 세세업종 (56212~66121)	475
〈표 VI-14〉 한국표준산업분류 세세업종 (66122~74212)	476
〈표 VI-15〉 한국표준산업분류 세세업종 (74220~85612)	477
〈표 VI-16〉 한국표준산업분류 세세업종 (85613~91221)	478
〈표 VI-17〉 한국표준산업분류 세세업종 (91222~99009)	479

그림목차

[그림 II-1] 주요 업종 등급 구분 모식도	12
[그림 III-1] 디클로로메탄의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	43
[그림 III-2] 메탄올의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	50
[그림 III-3] 메틸클로로포름의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	58
[그림 III-4] MDI의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	65
[그림 III-5] 무수프탈산의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	72
[그림 III-6] 브롬화메틸의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	79
[그림 III-7] 스티렌의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	84
[그림 III-8] 시클로헥사논의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	92
[그림 III-9] 시클로헥산의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	100
[그림 III-10] 아닐린의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	108
[그림 III-11] 아세토니트릴의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	115
[그림 III-12] 이황화탄소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	122
[그림 III-13] 크실렌의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	130
[그림 III-14] 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균) ..	138
[그림 III-15] 톨루엔의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	143
[그림 III-16] 2,4-TDI의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	153
[그림 III-17] 2,6-TDI의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	160
[그림 III-18] 트리클로로메탄의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	167
[그림 III-19] HDI의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	174

그림목차

[그림 III-20] n-헥산의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	181
[그림 III-21] 니켈(금속)의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	190
[그림 III-22] 니켈(가용성화합물)의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균) ...	196
[그림 III-23] 니켈카르보닐의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	202
[그림 III-24] 망간의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	211
[그림 III-25] 산화아연의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	219
[그림 III-26] 수은의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	227
[그림 III-27] 안티몬의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	235
[그림 III-28] 알루미늄의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	243
[그림 III-29] 인듐의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	250
[그림 III-30] 주석의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	258
[그림 III-31] 유기주석의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	264
[그림 III-32] 코발트의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	273
[그림 III-33] 크롬의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	284
[그림 III-34] 불화수소(TWA)의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	292
[그림 III-35] 염화수소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	303
[그림 III-36] 삼수산화비소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	310
[그림 III-37] 시안화수소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	317
[그림 III-38] 암모니아의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	324
[그림 III-39] 염소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	332
[그림 III-40] 이산화질소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	340

[그림 III-41]	일산화탄소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	347
[그림 III-42]	황화수소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	354
[그림 III-43]	비소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	368
[그림 III-44]	염화비닐의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	375
[그림 III-45]	콜타르피치 휘발물의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	382
[그림 III-46]	크롬산아연의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	389
[그림 III-47]	곡물분진의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	399
[그림 III-48]	석면분진의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	406
[그림 III-49]	용접흄의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)	413
[그림 III-50]	업종/공정/직종으로 검색(예시)	431
[그림 III-51]	유해인자로 검색(예시)	432
[그림 III-52]	메탄올의 측정건수와 기하평균 노출지수에 따른 주요 업종	443
[그림 III-53]	메탄올의 측정건수와 산술평균 노출지수에 따른 주요 업종	444
[그림 III-54]	메탄올의 측정건수와 95% tile 노출지수에 따른 주요 업종	445
[그림 III-55]	메탄올의 측정건수와 추정 95% tile 노출지수에 따른 주요 업종	446
[그림 III-56]	메탄올의 측정건수 및 중위수 노출지수에 따른 주요 업종	447
[그림 III-57]	메탄올의 기하평균 및 95% tile 노출지수에 따른 주요 업종	448
[그림 III-58]	메탄올의 산술평균 및 기하평균 노출지수에 따른 주요 업종	449
[그림 III-59]	메탄올관련 사업장수와 95% tile 노출지수에 따른 비교	450
[그림 III-60]	메탄올관련 근로자수와 95% tile 노출지수에 따른 비교	451

I. 서론

.....

I. 서론

1. 연구의 배경

작업환경측정 제도는 산업안전보건법 중에서 근로자의 건강보호를 위한 보건관련 제도의 기초이다. 산업안전보건법 제125조에 따라 사업주는 쾌적한 작업환경을 조성하고 근로자의 건강을 보호하기 위하여 작업환경측정을 실시하여야 한다. 작업환경측정 이후, 고용노동부에 결과를 보고하도록 되어 있으며, 현재는 대부분의 측정기관에서 전산으로 입력함으로써 사업주의 의무를 대신하고 있다. 고용노동부로 보고되는 자료는 한국산업안전보건공단에서 전산 데이터베이스를 구축하여 자료를 받고 있으며, 이를 고용노동부 및 공단 등에서 산업재해예방을 목적으로 활용하고 있다.

작업환경측정 결과보고서에는 공정흐름, 유해인자, 취급화학물질, 노출근로자수 등 다양한 정보를 포함하고 있다. 또한, 작업환경측정기관의 전문가가 현장을 방문하여 조사하고 작성한 것으로 자료의 정확성이 높다고 할 수 있다. 일부 연구자들은 연구관점에 따라서 작업환경측정 결과보고서에 포함되어 있지 않은 중요 정보에 대한 요구가 있기도 하다. 그럼에도 불구하고, 현재 구축된 데이터베이스를 활용하여 의미있는 자료를 생산하고 이를 정책적으로 활용하는 등의 노력이 필요하다.

이번 연구는 '23년 수행한 연구의 후속연구이다. '23년 연구에서는 국내 작업환경측정 실시현황과 누락가능 업종에 대해서 분석하였고, 37종의 특별 관리물질을 대상으로 고위험 업종을 찾아내고자 세부적인 분석을 수행하였다. 이번 연구에서는 '23년 연구대상을 제외하고, 안전검사 대상물질, 중대재해 처벌법의 직업성 질병에 언급된 물질 등을 고려하여 연구대상을 선정하여 분석하고자 하였다.

2. 연구의 목표

이번 연구의 목표는 다음과 같다.

- 고위험 업종 파악 : 연구대상 물질별 작업환경측정자료의 현황과 노출 수준현황 등을 업종별로 구분하여 비교분석하여 고위험 업종을 파악하고자 함
- 작업환경측정결과 활용방안 검토 : 다양한 분석 및 이를 시각화함으로써, 향후 정보의 활용성을 높이고 정책수립 등에 기여하고자 함

Ⅱ. 연구방법



II. 연구방법

1. 연구대상

1) 연구대상 유해인자의 선정

연구대상 유해인자를 선정하기 위하여, 다음의 물질리스트를 검토하였다. 작업환경측정대상물질, 관리대상물질, 특별관리물질(44종), 허용기준 설정물질(38종), 중처법(중대재해 처벌 등에 관한 법률)의 시행령 별표1의 직업성 질병에 나열된 물질명(단, 13호의 측정 및 특검대상인자는 제외), 안전검사 대상물질(49종) 및 급성중독사례(물질 29종, '02~'23년 재해조사의견서, 동향보고, KOSHA Alert 등 공단 보유자료로 확인한 93건 기준)에 언급된 물질들을 리스트화 하였다.

작업환경측정대상 물질 중 위에서 언급한 물질 중 관리대상물질을 제외하고 어느 하나라도 해당되는 물질은 모두 포함시켰다. 다만, 23년 연구과제에서 분석한 37종은 제외하였다.

선정된 물질에 대한 현행 노출기준을 표로 정리하였다.

2) 작업환경측정 자료추출 및 자료정리

선정된 연구대상 물질의 물질코드를 확인하고, 작업환경측정 데이터베이스에서 2018년부터 2023년까지의 자료를 추출하였다. 추출된 자료의 정보는 다음과 같다: 측정년도, 반기, 사업장관리번호, 사업개시번호, 측정순번, 사업장명, 업종코드, 근로자수, 생산품, 지사코드, 지사명, 부서명, 공정코드, 공정명, 단위작업장소, 측정위치, 근로자명, 유해인자코드, 유해인자명, 측정값, 측정

시작시간, 측정종료시간, 노출기준구분, 노출기준, 단위

추출된 자료는 물질별로 구분한 후, 총 자료 수와 연도별 자료 수를 살펴 보면서 연도별 경향성을 파악하고, 자료추출 오류 가능성을 검토하였다. 이후, 노출기준구분, 노출기준, 단위, 물질코드, 물질명을 검토하여 이상값이 있는 경우는 통계처리에서 제외하였다. 횡수조정 등으로 실제 측정이 이루어지지 않은 결과값은 삭제하였고, 노출기준의 경우 TWA 기준은 노출기준에서 12시간 보정 노출기준까지 인정하고 이외의 경우에는 이상값으로 판단하여 제외하였다. TWA 평가값에서 시료채취시간이 1시간 미만인 경우에는 가능한 삭제하였으나, 직독식장비로 평가한 물질이나, 평가건수가 매우 적은 경우에는 포함하여 분석하였다. STEL 또는 Ceiling 평가값이 있는 경우에는 별도로 분석하거나, 건수가 적은 경우 간단히 기술하였다. 입력된 물질명이 물질코드와 다른 경우에도 제외하였다. 입력된 단위가 현행 노출기준과 다른 경우에는, 노출기준과 측정값을 참고하여 이상이 없는 경우 단위의 입력오류로 보고 값을 사용하였고, 노출기준이나 측정값이 통상범위를 벗어나는 경우 제외하였다.

자료는 노출기준 구분별로 따로 분석하고자 하였다. 측정값은 노출기준으로 나누어서 노출지수를 산출한 후 통계분석에 사용하였다. 불검출값("0" 인 값)은 대체(보고된 최소값의 1/2을 적용) 했을 때와 제외했을 때로 구분하여 통계 결과를 분석하였다.

측정사업장 수를 구하기 위한 사업장 구분 기준은 년도, 사업장관리번호, 사업개시번호, 사업순번을 합하여 하나의 사업장으로 구분하였다. 다만, 동일 사업장의 연도별 수준을 비교하기 위한 사업장 구분은 앞에서 년도를 제외한 조합을 기준으로 하였다.

먼저, 전체물질의 현황을 하나의 표로 정리하고자 하였다. 물질별 총 측정값의 수와 유효 측정건수 및 불검출 시료의 비율을 파악하였다. 또한, 노출지수를 산출하여 노출지수의 구간별 측정값의 분포현황을 파악하였다. 또한, 노출지수를 구간화 하여 구간별 자료의 분포정도를 살펴보았다. 이때 노출

지수의 구간은 불검출, 0~<0.001, 0.001~<0.01, 0.01~<0.1, 0.1~<1, 1~<10, 10~<50, 50~<100, >100 으로 구분하였다. 불검출을 제외한 구간별 자료 수 중에서 물질별로 가장 큰값을 100%로 보고 나머지 구간에도 음영막대를 넣었다.

2. 유해인자별 작업환경측정 현황

1) 업종분류

업종코드는 표준산업분류를 기준으로 하였다. 5자리 숫자로 구성되어 있으며, 대분류(21개), 중분류(77개), 소분류(232개), 세분류(495개), 세세분류(1,196개)로 분류가 가능하다. 가능한 세세분류로 구분하여 분석하고자 하였으나, 전체 시료 수 및 유효 시료 수에 따라서 필요시에는 세분류 또는 소분류로 고려하였다.

2) 측정현황분석

이후에 물질별로 다음의 분석을 수행하였다. 연도별 측정현황을 분석하였다. 연도별 측정건수, 불검출 시료의 현황, 산술평균, 기하평균, 중위수, 95% tile, 95% 상위추정값 등을 분석하였다.

다음으로 세세업종별 측정현황을 통계분석하여, 물질별로 측정건수 가장 많았던 업종, 기하평균 노출지수가 가장 높았던 업종, 95% 상위 노출지수가 가장 높은 업종 등의 리스트를 작성하였다.

3) 노출 등급 구분

각 업종별 95% tile을 구하여 노출 등급 구분에 사용하였다. 이전 연구에서는 95% 상위 추정값을 사용하여 노출 등급을 구분하였던 점과 차이가 있다.

95% 상위 추정값은 분포를 통계적으로 분석하여 기하평균과 기하표준편차를 사용하여 아래와 같이 계산한다.

$$X_{0.95E} = GM \times GSD^{1.645}$$

$X_{0.95E}$: 노출지수의 95% 상위 추정값,

GM : 노출지수의 기하평균, GSD : 노출지수의 기하표준편차

그러나, 불검출율이 높아서 대부분의 데이터가 자료를 변환하더라도 정규 분포를 만족하지 않거나, 기하표준편차가 매우 큰 현상이 발생하여, 계산된 95% 상위 추정값이 상식선을 벗어나는 값들이 있었다.

이러한 문제점을 개선하고자 95% tile을 사용하였다. 95% tile은 측정된 값들의 95%가 이 값보다 낮은 값을 의미한다. 측정된 값들 중에서 5% 정도만 이 값보다 크다는 의미이다. 비정상적으로 큰값을 방지하기 위하여 95% tile을 사용하였다.

노출지수의 95% tile에 따라서 아래 표와 같이 노출 등급을 구분하였다. 이는 '23년 연구와 동일하나 다만, 사용값이 95% 상위 추정값에서 95% tile으로 바꾸어 적용하였다.

〈표 II-1〉 노출 등급 구분

노출 등급	95% tile ($X_{0.95}$, EI, %)
0	$X_{0.95} < 1$
1	$1 \leq X_{0.95} < 10$
2	$10 \leq X_{0.95} < 50$
3	$50 \leq X_{0.95} < 100$
4	$100 \leq X_{0.95}$

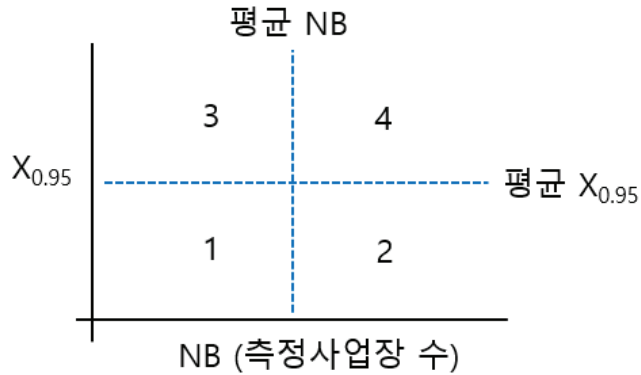
4) 물질별 주요 업종 선정

각 물질별 주요 업종은 노출수준($X_{0.95}$, 노출지수의 95% tile)과 측정사업장 수를 기준으로 선정하였다. 측정값이 없는 경우에는 등급 분류에서 제외하였다. 개별 업종의 노출수준이 평균 노출수준 이상이고, 개별 업종의 측정사업장 수가 평균 측정사업장 수 이상인 업종의 등급은 “4”, 노출수준은 평균 이상이나 측정사업장 수는 평균 미만인 업종의 등급은 “3”, 노출수준은 평균 미만이며 측정사업장 수는 평균 이상인 업종의 등급은 “2”, 노출수준과 측정사업장 수 모두 평균 미만인 업종의 등급은 “1”로 부여하였다.

〈표 II-2〉 주요 업종 등급 구분

등급	95% tile ($X_{0.95}$)	측정사업장수
-	측정값이 없는 경우	
1	업종 $X_{0.95} < \text{평균 } X_{0.95}$	평균 미만
2	업종 $X_{0.95} < \text{평균 } X_{0.95}$	평균 이상
3	업종 $X_{0.95} > \text{평균 } X_{0.95}$	평균 미만
4	업종 $X_{0.95} > \text{평균 } X_{0.95}$	평균 이상

주요 업종 등급 구분은 노출수준(Y축)과 측정사업장 수(X축)로 그래프를 그릴 때, 각각의 평균 수준을 기준점으로 하여 4개 구역으로 구분한 것과 같다.



[그림 II-1] 주요 업종 등급 구분 모식도

측정값이 있는 업종들의 $X_{0.95}$ 와 측정사업장 수의 산술평균과 표준편차를 구하였다. 업종별 노출수준과 측정사업장 수의 표준화점수를 아래와 같이 계산하여 합산하고, 이를 ‘주요 업종 지수’로 명명하였다. 주요 업종 지수를 기준으로 내림차순으로 정렬하여, 각 물질별로 관심을 두어야 할 주요 업종의 우선순위를 부여하였다.

$$MII = \frac{X_{0.95} - \overline{X_{0.95}}}{SD_{X_{0.95}}} + \frac{NB - \overline{NB}}{SD_{NB}}$$

MII : 주요 업종 지수(main industry index)

$X_{0.95}$: 각 업종별 노출지수의 95% tile

$\overline{X_{0.95}}$: 각 업종별 노출지수의 95% tile의 산술평균

$SD_{X_{0.95}}$: 각 업종별 노출지수의 95% tile의 표준편차

NB : 각 업종별 연간 측정 사업장 수(Number of Business)

$\overline{NB}$: 각 업종별 연간 측정 사업장 수의 산술평균

SD_{NB} : 각 업종별 연간 측정 사업장 수의 표준편차

3. 고위험 업종 선정

앞에서 계산한 노출 등급과 주요 업종 등급을 사용하여 고위험 업종을 선정하고자 하였다. 주요 업종 등급을 기준으로 고위험 업종을 선정하고자 하였으나, 측정한 업종이 많은 경우에는 비례해서 4등급이 많아지는 현상이 있었다. 그래서, 노출지수에 의한 지정값인 노출 등급을 주요 업종 등급과 곱하여 고위험 업종을 선정하고자 하였다.

둘 다 4등급이어서 16점으론 계산되는 경우에는 초고위험 업종으로 분류하였고, 둘 중 하나가 3등급인 경우에 고위험 업종으로 분류하였다. 이 방법은 임의적인 방법으로 향후 논의가 필요할 것으로 생각된다.

〈표 II-3〉 고위험 업종 선정을 위한 계산방법

노출 등급	주요 업종 등급 ($X_{0.95}$)			
	1	2	3	4
0	0	0	0	0
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	12	16

4. 작업환경측정결과 활용방안

1) 기관별

작업환경측정기관, 고용노동부/공공기관, 연구자로 구분하여 예상되는 활용방안과 향후 필요성에 대해서 고찰해 보았다. 작업환경측정기관의 경우 측정 경력 5년 이상인 팀장급 이상의 전문가 5명을 대상으로 의견수렴을 진행하였다.

2) 자료처리 및 시각화 방안

메탄을 측정데이터를 사용하여, 불검출값의 단순대체 및 제거하는 방법을 이용하여 비교해 보았다. 주요 업종의 변화와 통계값의 차이를 비교하였다. 시각화 방안으로 2차원 그래프의 다양한 안을 작성해 보았다.

3) 정보공개 시 고려 사항

공익을 목적으로 자료를 개방한다고 하더라도, 개별 사업장을 식별하여 문제제기를 하는 등 여러 경우의 문제점이 발생할 수 있다. 이에, 자료제공의 범위와 표현방법 등을 고찰하여 향후 정보공개 시 고려하여야 할 사항을 제시하고자 하였다.

Ⅲ. 연구결과

.....

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상

1) 연구대상 유해인자의 선정

물질명은 작업환경측정 대상 유해인자(산안법 시행규칙 별표 21) 순으로 우선 나열하였다. 작업환경 측정대상에 해당하지 않는 관리대상물질을 추가하고, 중처법에 기술된 물질 및 급성중독사례 발생물질을 추가하여 전체 리스트를 완성하였다.

측정대상물질 192종이며, 관리대상물질 181종, 특별관리물질 44종, 허용기준 설정물질 38종, 중처법에 나열된 물질 32종, 급성중독사례 관련물질 27종, 안전검사대상물질 49종 이었다.

작업환경측정 대상물질은 관리대상물질과 유사하나, 작업환경측정 대상 물질에는 허가대상물질, 금속가공유, 물리적인자, 분진을 추가적으로 포함하고 있다. 관리대상물질 중 측정대상 물질이 아닌 물질은 12종 이었다(2-니트로톨루엔, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 디부틸프탈레이트, 벤조(a)피렌, 브이엠및 피나프타, 시클로헥실아민, 와파린, 2-클로로-1,3-부타디엔, 페닐글리시딜 에테르, 포름아미드, 산화붕소, 사붕소산나트륨(무수물,오수화물)). 중처법 관련물질로서 추가된 물질은 인이 있으며, 급성중독사례 관련으로 추가된 물질은 7건 이었다(방동제, 델타메트린, 2,2-디클로로-1,1,1-트리플루오로에탄, TMAH, 실링제(접착), 농약, 헥사플루오르 1,3-부타디엔).

특별관리물질, 허용기준설정물질, 중처법에 나열된물질, 급성중독사례 관련 물질, 안전검사 물질 중 하나라도 해당하는 경우 연구대상으로 하였다. 다만, 23년 연구가 수행된 물질과, 작업환경측정 대상물질이 아닌 경우(대부분

측정건수가 없음)에는 연구대상에서 제외하였다.

〈표 III-1〉 연구대상 유해인자 선정 (1)

물질명	관리 대상	특별 관리	허용 기준	중처법	급성 중독	안전 검사	23년 연구	24년 대상
글루타르알데히드	1							
니트로글리세린	1							
니트로메탄	1							
니트로벤젠	1							
p-니트로아닐린	1							
p-니트로클로로벤젠	1							
디니트로톨루엔	1	1					1	
N,N-디메틸아닐린	1							
디메틸아민	1							
N,N-디메틸아세트아미드	1	1					1	
디메틸포름아미드	1	1	1	1	1	1	1	
디에탄올아민	1							
디에틸 에테르	1							
디에틸렌 트리아민	1							
2-디에틸아미노에탄올	1							
디에틸아민	1							
1,4-디옥산	1							
디이소부틸케톤	1							
1,1-디클로로-1-플루오로에탄	1							
디클로로메탄	1		1		1	1		1
o-디클로로벤젠	1							
1,2-디클로로에탄	1	1					1	
1,2-디클로로에틸렌	1							
1,2-디클로로프로판	1	1	1		1		1	
디클로로플루오로메탄	1							
p-디하이드록시벤젠	1							
메탄올	1		1		1			1
2-메톡시에탄올	1	1					1	
2-메톡시에틸아세테이트	1	1					1	
메틸 n-부틸케톤	1							

〈표 III-2〉 연구대상 유해인자 선정 (2)

물질명	관리 대상	특별 관리	허용 기준	중처법	급성 중독	안전 검사	23년 연구	24년 대상
메틸 n-아밀케톤	1							
메틸 아민	1							
메틸 아세테이트	1							
메틸 에틸 케톤	1							
메틸 이소부틸 케톤	1							
메틸 클로라이드	1							
메틸클로로포름	1					1		1
메틸렌 비스(페닐 이소시아네이트)	1		1	1		1		1
o-메틸시클로헥사논	1							
메틸시클로헥사놀	1							
무수 말레산	1							
무수 프탈산	1					1		1
벤젠	1	1	1	1		1	1	
1,3-부타디엔	1	1	1				1	
n-부탄올	1							
2-부탄올	1							
2-부톡시에탄올	1							
2-부톡시에틸 아세테이트	1							
n-부틸 아세테이트	1							
1-브로모프로판	1	1					1	
2-브로모프로판	1	1	1			1	1	
브롬화 메틸	1		1	1	1	1		1
비닐 아세테이트	1							
사염화탄소	1	1		1			1	
스토다드 솔벤트	1	1*				1		
스티렌	1		1	1		1		1
시클로헥사논	1		1			1		1
시클로헥사놀	1							
시클로헥산	1			1				1
시클로헥센	1							

*벤젠 1% 이상

〈표 III-3〉 연구대상 유해인자 선정 (3)

물질명	관리 대상	특별 관리	허용 기준	중처법	급성 중독	안전 검사	23년 연구	24년 대상
아닐린 및 그 동족체	1		1			1		1
아세트니트릴	1			1		1		1
아세톤	1							
아세트알데히드	1							
아크릴로니트릴	1	1	1			1	1	
아크릴아미드	1	1			1	1	1	
알릴글리시딜에테르	1							
에탄올아민	1							
2-에톡시에탄올	1	1					1	
2-에톡시에틸아세테이트	1	1					1	
에틸벤젠	1							
에틸 아세테이트	1							
에틸 아크릴레이트	1							
에틸렌 글리콜	1							
에틸렌 글리콜 디니트레이트	1							
에틸렌 클로로히드린	1							
에틸렌이민	1	1					1	
에틸아민	1							
2,3-에폭시-1-프로판올	1	1					1	
1,2-에폭시프로판	1	1					1	
에피클로로하이드린	1	1					1	
요오드화 메틸	1							
이소부틸 아세테이트	1							
이소부틸 알코올	1							
이소아밀 아세테이트	1							
이소아밀 알코올	1							
이소프로필 아세테이트	1							
이소프로필 알코올	1							
이황화탄소	1		1			1		1
크레졸	1							

〈표 III-4〉 연구대상 유해인자 선정 (4)

물질명	관리 대상	특별 관리	허용 기준	중처법	금성 중독	안전 검사	23년 연구	24년 대상
크실렌	1			1				1
클로로벤젠	1							
1,1,2,2-테트라클로로에탄	1			1				1
테트라하이드로푸란	1							
톨루엔	1		1	1	1	1		1
톨루엔-2,4-디이소시아네이트	1		1	1		1		1
톨루엔-2,6-디이소시아네이트	1		1	1				1
트리에틸아민	1							
트리클로로메탄	1		1	1	1			1
1,1,2-트리클로로에탄	1							
트리클로로에틸렌	1	1	1	1	1	1	1	
1,2,3-트리클로로프로판	1	1					1	
퍼클로로에틸렌	1	1		1			1	
페놀	1	1					1	
펜타클로로페놀								
포름알데히드	1	1	1		1	1	1	
프로필렌 이민	1	1					1	
n-프로필 아세테이트	1							
피리딘	1							
헥사메틸렌 디이소시아네이트	1			1				1
n-헥산	1		1	1	1	1		1
n-헵탄	1							
황산 디메틸	1	1					1	
히드라진	1	1					1	
구리(분진, 미스트, 흙)	1							
납 및 그 무기화합물	1	1	1	1*	1	1	1	
니켈 및 그 무기화합물, 니켈 카르보닐	1	1\$	1^	1\$	1	1		
망간 및 그 무기화합물	1		1			1		1
바륨 및 그 가용성 화합물	1							
백금 및 그 가용성 염	1							

*유기납 제외, \$불용성만, ^불용성 및 니켈카르보닐

〈표 III-5〉 연구대상 유해인자 선정 (5)

물질명	관리 대상	특별 관리	허용 기준	중처법	급성 중독	안전 검사	23년 연구	24년 대상
산화마그네슘	1							
산화아연(분진, 흙)	1					1		1
산화철(분진, 흙)	1							
셀레늄 및 그 화합물	1							
수은 및 그 화합물	1	1*	1	1	1	1	1	1
안티몬 및 그 화합물	1	1\$		1\$	1	1		
알루미늄 및 그 화합물	1					2^	1	
오산화바나듐(분진, 흙)	1							
요오드 및 요오드화물	1							
인듐 및 그 화합물	1				1			1
은 및 그 가용성 화합물	1							
이산화티타늄	1							
주석 및 그 화합물(수소화 주석 제외)	1			1#			1	
지르코늄 및 그 화합물	1							
카드뮴 및 그 화합물	1	1	1	1	1	1	1	
코발트 및 그 무기화합물	1		1			1		1
크롬과 그 무기화합물	1	1@	1@	1		1@	1	1
텅스텐 및 그 화합물	1							
개미산	1							
과산화수소	1							
무수 초산	1							
불화수소	1			1				1
브롬화수소	1							
수산화 나트륨	1							
수산화 칼륨	1							
시아나화 나트륨	1							
시아나화 칼륨	1							
시아나화 칼슘	1							
아크릴산	1							
염화수소	1			1				1

*아릴,알킬제외, \$삼산화안티몬만, ^알루미늄 및 황산알루미늄, #유기주석, @6가크롬

〈표 III-6〉 연구대상 유해인자 선정 (6)

물질명	관리 대상	특별 관리	허용 기준	중처법	급성 중독	안전 검사	23년 연구	24년 대상
인산	1							
질산	1							
초산	1							
트리클로로 아세트산	1							
황산	1	1*	1				1	
불소	1							
브롬	1							
산화에틸렌	1	1	1				1	
삼수소화 비소	1				1			1
시아나화 수소	1			1	1			1
암모니아	1		1					1
염소	1		1	1				1
오존	1							
이산화질소	1			1				1
이산화황	1							
일산화질소	1							
일산화탄소	1		1	1	1			1
포스겐	1							
포스핀	1							
황화수소	1			1	1	1		1
α -나프틸아민과 그 염						1		1
디아니시딘과 그 염						1		1
디클로로벤지딘과 그 염						1		1
베릴륨 및 그 화합물			1			1		1
벤조트리클로라이드						1		1
비소 및 그 무기화합물					1	1		1
염화비닐			1	1		1		1
휘발성 콜타르피치			1			1		1
크롬광 가공(열소성만)						1		1
크롬산 아연						1		1

*pH2.00이하

〈표 III-7〉 연구대상 유해인자 선정 (7)

물질명	관리 대상	특별 관리	허용 기준	중처법	급성 중독	안전 검사	23년 연구	24년 대상
o-톨리딘 및 그 염						1		1
황화니켈류						1		1
금속가공유								
소음								
고열								
광물성 분진						2*		
곡물 분진						1		1
면 분진								
목재 분진								
석면 분진			1 ^{\$}		1		1	
용접 흄						1		1
유리섬유								
2-니트로톨루엔	1	1						
디(2-에틸헥실)프탈레이트	1							
디부틸 프탈레이트	1	1						
벤조(a)피렌	1	1						
브이엠 및 피 나프타	1							
시클로헥실아민	1							
와파린	1	1						
2-클로로-1,3-부타디엔	1							
페닐글리시딜에테르	1							
포름아미드	1	1						
산화붕소	1	1						
사붕소산나트륨(무수물, 오수화물)	1	1						
인 (금지물질)				1				
방동제					1			
델타메트린					1			
2,2-디클로로-1,1,1-트리플루오 로에탄				1				
TMAH					1			
실링제(접착)					1			
농약					1			
헥사플루오르 1,3-부타디엔					1			

*유리규산 및 탈크, ^{\$}제조/사용

2) 연구대상 유해인자의 노출기준

연구대상으로 선정된 물질은 총 54종이며 아래 표와 같다. 물질구분은 작업환경측정 대상인자의 구분에 따랐으며, 화학식과 CAS No. 및 비고란의 건강영향은 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준에 따랐다.

〈표 III-8〉 연구대상 인자 및 노출기준 (1)

연번	구분	물질명		CAS No.	화학식	고용노동부		OSHA		ACGIH	단위	비고
		국문표기	영문표기			TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL	
1	유기화합물	디클로로메탄	Dichloromethane	75-09-2	<chem>CH2Cl2</chem>	50		25	125	50		발암성 2
2	유기화합물	메탄올	Methanol	67-56-1	<chem>CH3OH</chem>	200	250	200		200	250	Skin
3	유기화합물	메틸클로로포름	Methyl chloroform	71-55-6	<chem>CH3CCl3</chem>	350	450	350		350	450	
4	유기화합물	메틸렌 비스(페닐 이소시아네이트)	Methylene bisphenyl isocyanate	101-68-8	<chem>NCOC6H4CH2C6H4NCO</chem>	0.005			C0.02	0.005		발암성 2
5	유기화합물	무수 프탈산	Phthalic anhydride	85-44-9	<chem>C8H4(CO)2O</chem>	1		2		0.002 mg/m³	0.005 mg/m³	Skin
6	유기화합물	브롬화 메틸	Methyl bromide	74-83-9	<chem>CH3Br</chem>	1			C20	1		생식세포 변이원성 2, Skin
7	유기화합물	스티렌	Styrene	100-42-5	<chem>C6H5CH=CH2</chem>	20	40	100	200	10	20	발암성 2, 생식독성 2, Skin
8	유기화합물	시클로헥사논	Cyclohexanone	108-94-1	<chem>C6H10O</chem>	25	50	50		20	50	발암성 2, Skin
9	유기화합물	시클로헥산	Cyclohexane	110-82-7	<chem>C6H12</chem>	200		300		100		
10	유기화합물	아닐린 및 그 동족체	Aniline & homologues	62-53-3	<chem>C6H5NH2</chem>	2		5				발암성 2, 생식세포 변이원성 2, Skin
11	유기화합물	아세토니트릴	Acetonitrile	75-05-8	<chem>CH3CN</chem>	20		40				Skin
12	유기화합물	이황화탄소	Carbon disulfide	75-15-0	<chem>CS2</chem>	1		20	30	1		생식독성 2, Skin
13	유기화합물	크실렌	Xylene	1330-20-7	<chem>C6H4(CH3)2</chem>	100	150	100		20		
14	유기화합물	1,1,2,2-테트라클로로에탄	1,1,2,2-Tetrachloroethane	79-34-5	<chem>CHCl2CHCl2</chem>	1		5		1		발암성 2, Skin
15	유기화합물	톨루엔	Toluene	108-88-3	<chem>C6H5CH3</chem>	50	150	200	C300	20		생식독성 2

〈표 III-9〉 연구대상 인자 및 노출기준 (2)

연 번	구분	물질명		CAS No.	화합식	고용노동부		OSHA		ACGIH		단위	비고
		국문표기	영문표기			TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL		
16	유기화합물	톨루엔-2,4-다이소시아네이트	Toluene-2,4-diisocyanate(TDI)	584-84-9	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NCO})_2$	0.005	0.02		C0.02	0.001	0.005	ppm	발암성 2
17	유기화합물	톨루엔-2,6-다이소시아네이트	Toluene-2,6-diisocyanate(TDI)	91-08-7	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NCO})_2$	0.005	0.02			0.001	0.005	ppm	발암성 2
18	유기화합물	트리클로로메탄	Trichloromethane	67-66-3	CHCl_3	10			C50	10		ppm	발암성 2, 생식독성 2
19	유기화합물	헥사메틸렌 다이소시아네이트	Hexamethylene diisocyanate	822-06-0	$\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{N}_4\text{O}_4$	0.005				0.005		ppm	
20	유기화합물	n-헥산	n-Hexane	110-54-3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	50		500		50		ppm	생식독성 2, Skin
21	금속류	니켈(금속)	Nickel	7440-02-0	Ni	1		1		1.5		mg/m³	발암성2
	금속류	니켈(가용성화합물)	Nickel(Soluble compounds, as Ni)	7440-02-0	Ni	0.1		1		0.1		mg/m³	발암성 1A
	금속류	니켈 카르보닐	Nickel carbonyl, as Ni	13463-39-3	$\text{Ni}(\text{CO})_4$	0.001		0.001			C0.05 mg/m³	ppm	발암성1A, 생식독성1B
22	금속류	망간 및 그 무기화합물	Manganese & Inorganic compounds, as Mn	7439-96-5	Mn	1			C5	0.02		mg/m³	
23	금속류	산화아연(분진, 흙)	Zinc oxide (Resp.)	1314-13-2	ZnO	2		5		2	10	mg/m³	호흡성
	금속류	산화아연(분진, 흙)	Zinc oxide	1314-13-2	ZnO	5		15				mg/m³	
24	금속류	수은(아릴화합물)	Mercury(Aryl compounds)	7439-97-6	Hg	0.1			C0.1	0.1		mg/m³	아릴, Skin
	금속류	수은(알킬화합물)	Mercury(Alkyl compounds)	7439-97-6	Hg	0.01	0.03	0.01	C0.04	0.01	0.03	mg/m³	알킬, Skin
25	금속류	안티몬 및 그 화합물	Antimony & compounds, as Sb	7440-36-0	Sb	0.5		0.5				mg/m³	삼산화안티몬제외

〈표 III-10〉 연구대상 인자 및 노출기준 (3)

연 번	구분	물질명		CAS No.	화합식	고용노동부		OSHA		ACGIH		단위	비고
		국문표기	영문표기			TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL		
26	금속류	알루미늄(가용성염)	Aluminum(Soluble salts)	7429-90-5	Al	2						mg/m³	
	금속류	알루미늄(금속분진)	Aluminum(Metal dust)	7429-90-5	Al	10		15				mg/m³	
	금속류	알루미늄(알킬)	Aluminum(Alkyls)	7429-90-5	Al	2						mg/m³	
	금속류	알루미늄(용접흄)	Aluminum(Welding fumes)	7429-90-5	Al	5						mg/m³	
	금속류	알루미늄(피로파우더)	Aluminum(Pyropowders)	7429-90-5	Al	5						mg/m³	
27	금속류	인듐 및 그 화합물	Indium & compounds, as In(indium & compounds as Fume) (Respirable fraction)	7440-74-6	In	0.01				0.1		mg/m³	호흡성
	금속류	산화주석 및 무기화합물	Tin oxide & Inorganic compounds except SnH4, as Sn	7440-31-5	Sn/SnCl₂/SnCl₄/SnSO₄/K₂SnO₃·3H₂O	2						mg/m³	수산화 주석 제외, 주석 종류 확인필요, Skin
28	금속류	주석(금속)	Tin(Metal)	7440-31-5	Sn	2		2		2		mg/m³	OSHA, ACGIH는 무기화합물(산화물은 제외) 노출기준임
	금속류	주석(유기화합물)	Tin(Organic compounds, as Sn)	7440-31-5	(C₄H₉)₂Sn(C₈H₁₅O₂)/[(C₄H₉)₃Sn]₂O/(C₆H₅)₃SnCl/(C₄H₉)₂SnCl₂/(C₄H₉)₄Sn	0.1						mg/m³	Skin
29	금속류	코발트 및 그 무기화합물	Cobalt and inorganic compounds	7440-48-4	Co/CoO/Co₂O₃/Co₃O₄	0.02		0.1		0.02		mg/m³	발암성 2
30	금속류	크롬(3가)화합물	Chromium(III)compounds, as Cr	7440-47-3	Cr	0.5		0.5		0.003		mg/m³	3가크롬(6가크롬 제외)

〈표 III-11〉 연구대상 인자 및 노출기준 (4)

연 번	구분	물질명		CAS No.	화학적	고용노동부		OSHA		ACGIH	단위	비고
		국문표기	영문표기			TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL	
31	산 및 알칼리류	불화수소	Hydrogen fluoride, as F	7664-39-3	HF	0.5	C3	3		0.5		ppm Skin
32	산 및 알칼리류	염화수소	Hydrogen chloride	7647-01-0	HCl	1	2		C5			ppm
33	가스상태 물질류	삼수산화 비소	Arsine	7784-42-1	AsH ₃	0.005		0.05				ppm
34	가스상태 물질류	시아나화 수소	Hydrogen cyanide	74-90-8	HCN		C4.7	10			C4.7	ppm Skin
35	가스상태 물질류	암모니아	Ammonia	7664-41-7	NH ₃	25	35	50				ppm
36	가스상태 물질류	염소	Chlorine	7782-50-5	Cl ₂	0.5	1	1	C1	0.1	0.4	ppm
37	가스상태 물질류	이산화질소	Nitrogen dioxide	10102-44-0	NO ₂ /N ₂ O ₄	3	5		C5	0.2		ppm
38	가스상태 물질류	일산화탄소	Carbon monoxide	630-08-0	CO	30	200	50		25		ppm 생식독성 1A
39	가스상태 물질류	황화수소	Hydrogen sulfide	7783-06-4	H ₂ S	10	15		C20	1	5	ppm
40	허가대상	α-나프틸아민과 그 염	α-Naphthyl amine	134-32-7	C ₁₀ H ₇ NH ₂	0.006						mg/m ³ 발암성 2
41	허가대상	디아니신	Dianisidine	119-90-4	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₂	0.01						mg/m ³ 발암성 1B
42	허가대상	디클로로벤젠과 그 염	Dichlorobenzidine and its salts		C ₁₂ H ₁₀ Cl ₂ N ₂	없음						발암성 1B, Skin
43	허가대상	베릴륨 및 그 화합물	Beryllium & Compounds	7440-41-7	Be	0.002	0.01	0.0002	0.002			mg/m ³ 발암성 1A, Skin
44	허가대상	벤조트리클로라이드	Benzotrifluoride	98-07-7	C ₇ H ₅ Cl ₃		C0.1			0.1		ppm 발암성 1B, Skin

〈표 III-12〉 연구대상 인자 및 노출기준 (5)

연 번	구분	물질명		CAS No.	화학식	고용노동부		OSHA		ACGIH		단위	비고
		국문표기	영문표기			TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL		
45	허가대상	비소 및 그 무기화합물	Arsenic & inorganic compounds, as As	7440-38-2	As	0.01		0.010				mg/m³	발암성 1A
46	허가대상	염화비닐	Chloroethylene	75-01-4	CH ₂ CHCl	1		1	C5	1		ppm	발암성 1A
47	허가대상	휘발성 콜타르피치	Coal tar pitch volatiles(Benzene solubles)	65996-93-2	C ₁₄ H ₁₀ /C ₁₆ H ₁₀ / C ₁₂ H ₈ N/C ₂₀ H ₁₂	0.2		0.2		0.2		mg/m³	발암성 1A, 생식독성 1B
48	허가대상	크롬광 가공(열소성만)											
	허가대상	크롬광 가공(크롬산)	Chromite ore processing(Chromate), as Cr	7738-94-5 (크롬산)	Cr	0.05		0.005		0.0002	0.0005	mg/m³	발암성 1A
49	허가대상	크롬산 아연	Zinc chromates, as Cr	13530-65-9, 11103-86-9, 37300-23-5	ZnCrO ₄ /ZnCr ₂ O ₇ O ₄ /ZnCr ₂ O ₇	0.01						mg/m³	발암성 1A
50	허가대상	o-톨리딘 및 그 염	o-Tolidine	119-93-7	(CH ₃ C ₆ H ₃ NH ₂) ₂								발암성 1B, Skin
51	허가대상	황화니켈류	Nickel sulfide roasting(Fume & dust, as Ni)	16812-54-7	NiS	1						mg/m³	발암성 1A, 생식세포 변이원성 2
52	분진	곡물 분진	Grain dust			4		10		4		mg/m³	
53	분진	석면 분진	Asbestos(All forms)			0.1		0.1 fibe r/cm³				개/c m³	발암성 1A
54	분진	용접 흄	Welding fumes and dust			5						mg/m³	범위:용접흄으로 한정, 발암성 2

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 분류표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」에 따라 다음과 같이 표기함
 - 가. 1A: 사람에게서의 역학조사 연구결과 양성 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 분류표시 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

3) 작업환경측정 자료추출

(1) 측정자료수 및 불검출자료 현황

54종의 연구대상에 대한 측정 자료의 수는 총 5,382,759건 이었다. 물질별 자료의 수는 아래의 표와 같았다. 노출기준, 단위, 유해인자명 등을 검토하여 입력오류로 판단되는 자료는 제외한 후 유효 자료 수를 산출하였다.

망간에 대한 측정 자료 수가 가장 많았으며(689천건), 알루미늄(620천건), 용접흄(511천건), 톨루엔(491천건)의 순으로 많았다. 허가대상물질의 측정 자료 수는 1,000건 미만으로 적은 경우가 많았으나, 비소(16천건), 염화비닐(8.6천건), 휘발성 콜타르피치(3.8천건)는 상대적으로 측정 자료 수가 많았다.

〈표 III-13〉 연구대상 인자의 측정 자료 수 (1)

연번	구분	국문표기	총자료수	유효자료수	불검출수(%)
1	유기화합물	디클로로메탄	95,090	94,646	69,260(73.2)
2	유기화합물	메탄올	2,865	2,854	2,282(80.0)
3	유기화합물	메틸클로로포름	9,535	9,531	8,593(90.2)
4	유기화합물	메틸렌 비스(페닐이소시아네이트)	30,005	29,951	28,418(94.9)
5	유기화합물	무수 프탈산	6,531	6,515	6,067(93.1)
6	유기화합물	브롬화 메틸	288	288	278(96.5)
7	유기화합물	스티렌	123,937	123,315	109,405(88.7)
8	유기화합물	시클로헥사논	123,581	123,087	111,485(90.6)
9	유기화합물	시클로헥산	87,679	87,355	74,844(85.7)
10	유기화합물	아닐린 및 그 동족체	3,771	3,764	3,706(98.5)
11	유기화합물	아세토니트릴	58,312	58,180	41,400(71.2)
12	유기화합물	이황화탄소	2,907	2,901	2,618(90.2)
13	유기화합물	크실렌	403,848	400,306	283,328(70.8)
14	유기화합물	1,1,2,2-테트라클로로에탄	557	555	552(99.5)
15	유기화합물	톨루엔	491,853	490,601	292,430(59.6)
16	유기화합물	톨루엔-2,4-다이소시아네이트	20,731	20,535	16,772(81.7)
17	유기화합물	톨루엔-2,6-다이소시아네이트	18,650	18,522	15,526(83.8)
18	유기화합물	트리클로로메탄	38,254	38,195	36,060(94.4)
19	유기화합물	헥사메틸렌 다이소시아네이트	20,239	20,033	18,518(92.4)
20	유기화합물	n-헥산	154,416	154,033	125,995(81.8)

〈표 III-14〉 연구대상 인자의 측정 자료 수 (2)

연번	구분	국문표기	총 자료 수	유효 자료 수	불검출수(%)
21	금속류	니켈(금속)	141,506	96,078	60,902(63.4)
		니켈 (가용성)		42,808	21,141(49.4)
		니켈 카르보닐		218	193(88.5)
22	금속류	망간 및 그 무기화합물	689,088	687,075	231,390(33.7)
23	금속류	산화아연(분진, 흙)	266,834	266,394	69,750(26.2)
24	금속류	수은(아릴화합물)	1,203	280	269(96.1)
	금속류	수은(알킬화합물)		896	843(94.1)
25	금속류	안티몬 및 그 화합물	33,347	32,802	24,378(74.3)
26	금속류	알루미늄(가용성염)	620,630	229,715	86,216(37.5)
	금속류	알루미늄(금속분진)		7,564	3,132(41.4)
	금속류	알루미늄(알킬)		269,094	102,917(38.2)
	금속류	알루미늄(용접흙)		98,570	40,553(41.1)
	금속류	알루미늄(피로파우더)		13,958	6,924(49.6)
27	금속류	인듐 및 그 화합물	4,774	4,572	3,506(73.8)
28	금속류	산화주석 및 무기화합물	186,879	30,189	18,949(62.8)
	금속류	주석(금속)		150,871	102,357(67.8)
	금속류	주석(유기화합물)		5,269	3,869(73.4)
29	금속류	코발트 및 그 무기화합물	63,071	62,804	47,555(75.7)
30	금속류	크롬(3가)화합물	440,677	439,679	187,520(42.6)
31	산및알칼리류	불화수소	121,079	120,954	113,867(94.1)
32	산및알칼리류	염화수소	196,543	195,844	117,200(59.8)
33	가스상태물질류	삼수소화 비소	7,758	7,758	5,412(69.8)
34	가스상태물질류	시아나화 수소	25,038	25,038	9,737(38.9)
35	가스상태물질류	암모니아	118,621	117,253	69,745(59.5)
36	가스상태물질류	염소	29,620	28,860	16,060(55.6)
37	가스상태물질류	이산화질소	21,971	21,896	16,159(73.8)
38	가스상태물질류	일산화탄소	112,883	109,325	57,053(52.2)
39	가스상태물질류	황화수소	36,037	34,174	16,965(49.6)

〈표 III-15〉 연구대상 인자의 측정 자료 수 (3)

연번	구분	국문표기	총 자료 수	유효 자료 수	불검출수(%)
40	허가대상	α -나프틸아민과 그 염	155	155	155(100)
41	허가대상	디아니시딘	198	198	198(100)
42	허가대상	디클로로벤지딘과 그 염	165	165	162(98.2)
43	허가대상	베릴륨 및 그 화합물	586	586	513(87.5)
44	허가대상	벤조트리클로라이드	0	-	-
45	허가대상	비소 및 그 무기화합물	16,439	16,434	12,168(74.0)
46	허가대상	염화비닐	8,568	8,536	7,544(88.4)
47	허가대상	콜타르피치 휘발물	3,796	3,790	937(24.7)
48	허가대상	크롬광 가공(열소성만, 크롬산)	152	152	52(34.2)
49	허가대상	크롬산 아연	966	965	685(71.0)
50	허가대상	o-톨리딘 및 그 염	179	179	178(99.4)
51	허가대상	황화니켈류	139	139	82(59.0)
52	분진	곡물 분진	25,191	25,124	35(0.1)
53	분진	석면 분진	4,324	4,321	3,247(75.1)
54	분진	용접흄	511,293	509,618	1,748(0.3)

물질의 구분별로 살펴보면, 유기화합물 20종에 대한 유효 측정자료 수는 약 169만건 이고, 불검출수는 약 125만건(74.0%)이었다. 금속류 10종에 대한 유효 측정자료 수는 약 244만건 이고, 불검출수는 약 101만건(41.5%)이었다. 산알칼리류 2종의 유효 측정자료 수는 316,798건 이었으며, 불검출은 72.9% 수준이었다. 2종 중 불화수소의 불검출율이 94.1%로 높았으며, 염화수소는 불검출율이 59.8% 수준이었다. 불화수소는 TWA 평가와 Ceiling 평가가 함께 포함되어 있다.

가스상태물질류 7종에 대한 유효 측정자료 수는 344,304건 이었으며,

불검출율은 55.5% 였다. 가스상채물질류의 물질별로는 39~74% 수준이었다.

허가대상물질 12종의 유효 측정자료 수는 31,299건 이었으며 불검출율은 72.4%였다. 알파-나프틸아민, 디아니시딘은 모두 불검출이었으며, 올쏘-톨리딘, 디클로로벤지딘, 염화비닐은 불검출율이 88% 이상으로 높았으며, 콜타르피치 휘발물과 크롬광은 불검출율이 35% 미만으로 상대적으로 낮았다.

분진 3종의 유효 측정자료 수는 539,063건 이었으며 불검출율은 0.9%였다. 석면분진의 불검출율은 75.1%로 곡물분진(0.1%)과 용접흄(0.3%)에 비해서 높았다.

총 자료수 약 538만 건 중 유효자료수는 약 536만건이었으며, 불검출수는 약 271만건(50.6%)이었다.

〈표 III-16〉 구분별 불검출자료 현황

연번	구분	물질 수	총 자료 수	유효 자료 수	불검출수	불검출율(%)
1	유기화합물	20	1,693,049	1,685,167	1,247,537	74.0
2	금속류	10	2,448,009	2,438,836	1,012,364	41.5
3	산알칼리류	2	317,622	316,798	231,067	72.9
4	가스상태물질류	7	351,928	344,304	191,131	55.5
5	허가대상	12	31,343	31,299	22,674	72.4
6	분진	3	540,808	539,063	5,030	0.9
	합계	54	5,382,759	5,355,467	2,709,803	50.6

(2) 물질별 노출지수 구간별 분포

유기화합물 20종 중 이소시아네이트는 별도로 분류한 후, 유효 측정건수 10,000건 이상인 물질과 미만인 물질로 나누어 아래의 표로 정리하였다. 각 물질별 불검출을 제외한 노출지수 구간에서 자료의 수가 가장 많은 구간을 100%로 본 후 나머지 구간별 자료의 상대적 비율을 녹색음영으로 표기하였다.

먼저, 10,000건 이상의 유효 측정자료수가 있는 유기화합물 9종을 측정건수 기준으로 내림차순으로 정렬하였다. 톨루엔의 측정건수가 가장 많았으며, 대부분의 물질에서 불검출을 제외한 구간 중에서 노출지수가 '1~<10'인 경우가 가장 많았고, '0.1~<1' 및 '10~<50'구간의 순이었다. 시클로헥산은 노출지수가 '0.1~<1'구간이 가장 많았고, 트리클로로메탄은 '10~<50' 구간이 가장 많았다.

〈표 III-17〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-유기1

물질명	ND	0 to <0.001	0.001 to <0.01	0.01 to <0.1	0.1 to <1	1 to <10	10 to <50	50 to <100	>100
톨루엔	292,430	624	1,502	6,688	54,490	96,070	35,530	2,878	389
크실렌	283,328	674	1,437	9,618	46,692	50,583	6,913	637	424
n-헥산	125,995	108	201	1,993	10,805	12,156	2,674	81	20
스티렌	109,405	28	106	441	3,742	5,890	2,963	615	125
시클로헥산	111,485	12	57	277	3,079	6,541	1,539	92	5
디클로로메탄	69,260	17	65	236	2,169	10,996	10,619	1,102	182
시클로헥산	74,844	51	225	2,468	5,942	3,326	486	12	1
아세토니트릴	41,400	3	74	212	1,466	8,907	5,922	188	8
트리클로로메탄	36,060	-	5	11	71	825	1,058	118	47

측정건수가 적은 유기화합물 7종의 노출지수 구간별 분포는 아래와 같았다. 측정건수 순으로 내림차순 정렬하였다. 불검출을 제외한 자료의 분포를 보면, 메틸클로로포름과 무수프탈산은 '0.1~<1'구간의 비율이 가장 높았고, 아닐린과 이황화탄소는 '10~<50'구간이 가장 많았으며, 메탄올과 브롬화메틸은 '1~<10'구간이 가장 많았다. 아닐린(2 ppm), 이황화탄소(1 ppm), 1,1,2,2-

테트라클로로에탄(1 ppm), 브롬화메틸(1 ppm)에서는 노출지수가 0.01 미만으로 검출된 값은 없었는데, 이는 노출기준이 낮기 때문에 검출한계의 적용으로 인하여 발생하는 현상으로 판단된다.

〈표 III-18〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-유기2

물질명	ND	0 to <0.001	0.001 to <0.01	0.01 to <0.1	0.1 to <1	1 to <10	10 to <50	50 to <100	>100
메틸클로로포름	8,593	5	12	224	569	121	6	1	-
무수 프탈산	6,067	35	26	129	130	84	44	-	-
아닐린 및 그 동족체	3,706	-	-	2	3	24	29	-	-
이황화탄소	2,618	-	-	2	3	133	139	4	2
메탄올	2,282	1	7	35	128	289	103	7	2
1,1,2,2-테트라클로로에탄	552	-	-	-	-	-	1	2	-
브롬화 메틸	278	-	-	-	-	8	2	-	-

이소시아네이트류 4종을 노출지수 구간별 분포를 비교해 보았다. 초록색 음영이 비슷한 패턴을 보이면서 노출지수의 분포가 비슷함을 확인할 수 있다. 4종 모두 노출지수 ‘1~<10’구간의 측정자료가 가장 많았다. 평균적으로 ‘10~<50’ 구간의 자료가 다음으로 많았으며, ‘0.1~<1’구간의 순이었다. 노출 기준을 초과하는 경우는 3개 물질에서 24개가 있었다.

[표 III-19] 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-이소시아네이트

물질명	ND	0 to <0.001	0.001 to <0.01	0.01 to <0.1	0.1 to <1	1 to <10	10 to <50	50 to <100	>100
MDI	28,418	-	-	5	379	873	266	10	-
2,4-TDI	16,772	-	1	27	490	2,303	896	38	8
2,6-TDI	15,526	-	2	14	339	1,793	773	66	9
HDI	18,518	-	1	8	229	894	361	15	7
합계	79,234	-	4	54	1,437	5,863	2,296	129	24

금속류 10종(13 분류)의 물질별 노출지수는 아래의 표와 같았다. 니켈은 3종으로 분류하였고, 주석은 2종으로 분류하여 분석되었다. 검출된 값들의 분포에서, 13개 분류 중 노출지수가 '0.01~<0.1' 구간의 값이 가장 많았던 물질은 6개 분류였다. '0.1~<1' 구간의 값이 가장 많았던 물질은 3개 분류였다. 2개 분류는 '1~<10' 구간의 값이 가장 많았고, 니켈카르보닐은 '10~<50' 구간의 값이 가장 많았다. 수은은 2개의 구간에서 높은 분포를 보였다.

〈표 III-20〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-금속류

물질명	ND	0 to <0.001	0.001 to <0.01	0.01 to <0.1	0.1 to <1	1 to <10	10 to <50	50 to <100	>100
니켈(금속)	60,902	112	2,313	21,779	9,031	1,764	168	8	1
니켈(가용성)	21,141	-	26	1,445	12,372	6,604	1,120	99	1
니켈 카르보닐	193	-	-	-	4	-	20	1	-
망간 및 그 무기화합물	231,390	349	23,166	172,790	148,166	85,323	21,874	2,871	1,146
산화아연(분진, 흡)	69,750	754	21,652	83,052	58,368	26,997	5,243	415	163
수은(아릴&알킬)	1,112	-	2	2	23	23	14	-	-
안티몬 및 그 화합물	24,378	209	1,317	3,528	2,106	1,151	110	3	-
알루미늄	239,742	1,445	59,074	193,558	107,387	16,755	915	23	2
인듐 및 그 화합물	3,506	4	11	9	115	785	224	69	29
주석(산화, 무기)	121,306	1,715	13,101	21,664	18,169	4,887	216	2	-
유기주석	3,869	7	15	280	673	284	136	5	-
코발트 및 그 무기화합물	47,555	7	146	662	4,131	6,855	3,003	407	38
크롬(3가)화합물	187,520	82	5,499	102,697	125,439	17,253	1,150	34	5
합계	1,012,364	4,684	126,322	601,466	485,984	168,681	34,193	3,937	1,385

산및알칼리류 2종의 노출지수 구간별 분포는 아래와 같았다. 불화수소는 TWA 평가값과 Ceiling 평가값을 구분하였는데, 노출지수가 '1~<10' 구간의 값이 가장 많았고, '0.1~<1', '10~<50' 구간의 순으로 많았다. 염화수소는 '0.1~<1' 구간의 노출지수가 가장 많았고, '1~<10', '0.01~<0.1' 구간의 순이었다.

〈표 III-21〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-산류

물질명	ND	0 to <0.001	0.001 to <0.01	0.01 to <0.1	0.1 to <1	1 to <10	10 to <50	50 to <100	>100
불화수소-TWA	55,206	-	8	340	1,278	1,786	556	37	5
불화수소-C	58,661	1	31	121	710	1,468	692	39	15
염화수소	116,780	16	597	13,682	37,132	24,311	2,638	62	-

가스상태물질류 7종에서는 ‘0.1~<1’ 또는 ‘1~<10’ 구간의 값이 대부분 가장 많았으나, 암모니아는 ‘0.01~<0.1’ 구간의 측정자료가 많았다.

〈표 III-22〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수)-가스상

물질명	ND	0 to <0.001	0.001 to <0.01	0.01 to <0.1	0.1 to <1	1 to <10	10 to <50	50 to <100	>100
삼수소화 비소	5,412	-	-	30	1,224	1,074	18	-	-
시아나화 수소	9,737	3	383	485	1,886	9,013	3,480	51	-
암모니아	69,745	1,759	5,979	17,318	14,614	6,640	1,160	38	-
염소	16,060	4	56	1,157	6,904	4,425	253	1	-
이산화질소	16,159	1	31	226	1,408	2,758	992	315	6
일산화탄소	57,053	14	96	346	7,134	34,548	8,830	1,291	13
황화수소	16,965	28	504	2,558	7,858	5,474	773	13	1

허가대상물질 12종 중에서 벤조트리클로라이드는 측정자료가 없었고, α -나프틸아민과 디아니시딘은 모두 불검출이었다. 디클로로벤지딘, 비소, 크롬광가공, 크롬산아연은 ‘1~<10’ 구간의 값이 가장 많았으며, 베릴륨, 염화비닐, 콜타르피치휘발물은 ‘10~<50’ 구간의 값이 가장 많았다.

〈표 III-23〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수) -허가대상

물질명	ND	0 to <0.001	0.001 to <0.01	0.01 to <0.1	0.1 to <1	1 to <10	10 to <50	50 to <100	>100
α-나프틸아민과 그 염	198								
디아니시딘	198								
디클로로벤지딘	162					3			
베릴륨 및 그 화합물	513			4	5	27	37		
벤조트리클로라이드									
비소 및 그 무기화합물	12,168	3	96	170	935	2,388	658	16	-
염화비닐	7,544	-	-	8	84	414	443	35	8
콜타르피치 휘발물	937	-	1	40	154	1,204	1,431	21	2
크롬광 가공	52			1	27	56	16		
크롬산 아연	685	-	-	-	4	143	130	3	-
o-톨리딘 및 그 염	178				1				
황화니켈류	82			7	9	3			

분진 3종은 노출지수 구간별 분포가 비슷한 양상을 보였는데, ‘1~<10’ 구간의 값이 가장 많았고, ‘10~<50’, ‘0.1~<1’ 구간 순으로 많았다. 용접흄은 유효 측정자료수 중 0.9%의 값이 노출기준을 초과하고 있었다.

〈표 III-24〉 물질별 노출지수(%) 구간별 분포(측정건수) -분진

물질명	ND	0 to <0.001	0.001 to <0.01	0.01 to <0.1	0.1 to <1	1 to <10	10 to <50	50 to <100	>100
곡물 분진	35	6	64	59	1,308	15,258	7,999	384	11
석면 분진	3,247	-	-	-	46	661	349	18	-
용접흄	1,748	394	1,757	1,446	25,727	299,546	163,504	10,710	4,786

2. 유해인자별 작업환경측정 현황

1) 디클로로메탄

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

트리클로로에틸렌보다 강력한 중추신경계(CNS) 억제제인 테트라클로로에틸렌의 TLV와의 유사성에 따라 디클로로메탄의 직업적 노출에 대해 50 ppm의 TLV-TWA가 권장된다. 이 값은 카복시헤모글로빈의 상승과 중추신경계(CNS) 억제를 최소화하기 위한 것이다. 디클로로메탄은 고농도(1,000 ppm)에서 만성 흡입 후 쥐의 간 및 폐암과 쥐의 양성 유선 종양을 근거로 약한 동물 발암물질로 간주된다. 따라서 인간과의 관련성이 불확실한 확인된 동물 발암물질인 A3 등급이 부여되었습니다. 피부(Skin) 또는 감작성(SEN) 기호나 단시간 노출기준(TLV-STEL)을 권장할 수 있는 충분한 자료는 없다. 생물학적 노출지표(BEI)가 권장되는 물질이다.

디클로로메탄은 무색의 휘발성 액체이며, 표준 공기 중에서는 가연성이 아니지만 극한 조건에서는 연소할 수 있다. 달콤하고 불쾌하지 않은 독특한 냄새를 지니며, 100 ppm 농도에서 대부분의 사람들이 쉽게 냄새를 인지하지 못하기 때문에 노출의 좋은 지표가 되지 않는다. 냄새 감지 한계는 25~150 ppm 사이이며, 300 ppm 이상에서는 대부분의 사람들이 냄새를 감지한다.

페인트 제거제의 용매, 플라스틱의 용매, 탈지제, 에어로졸 용기의 추진제 혼합물, 폼의 발포제로 널리 사용된다. 1988년 미국의 생산량은 약 5억 파운드였다. 액체 디클로로메탄은 눈에 튀거나 장갑, 옷, 페인트 제거제 등의 형식으로 피부에 닿으면 고통스럽고 자극적이다. 눈과 피부에서 제거되지 않으면 화상을 입을 수 있습니다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

디클로로메탄에 해당하는 입력코드로 입력된 자료는 총 95,090건이었다. 여기에서 입력된 물질명이 다른 12건(이소프로필알콜 2건, 헥산 10건), 노출 기준단위가 잘못된 14건, 노출기준이 일정 범위(33~50 ppm)밖인 경우 130건은 제외처리하였다(일부 중복). 이때 노출기준의 하한선은 12시간 보정한 값으로 하였다. 횡수조정 145건과 TWA 평가에서 1시간 미만으로 평가한 145건을 제외하였다. 제외 처리 후, 유효 자료는 총 94,646건 이었다.

연간 약 1.0~1.1만건의 측정이 이루어졌으며, '22년은 약 1.5만건으로 다른 연도에 비해서 측정건수가 많았다. 이는 사회적으로 세척제에 의한 이슈가 발생하면서, 염소계 세척관련 시설에서는 사용여부와 무관하게 염소계 세척제 5종을 모두 측정하도록 하였기 때문에 증가한 것으로 판단된다.

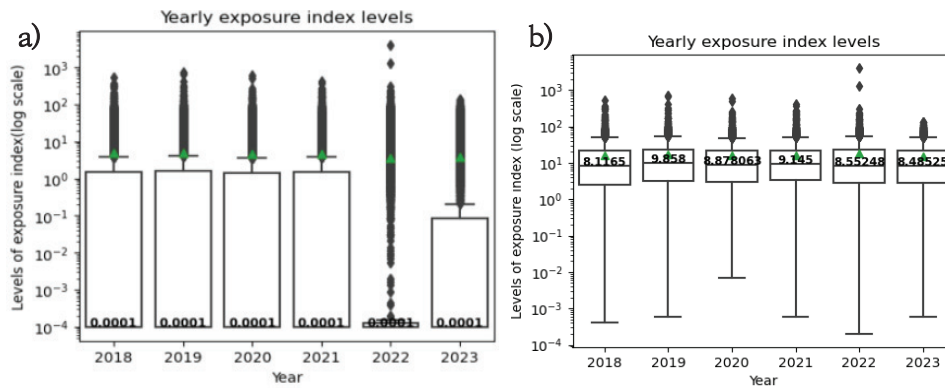
연도별 농도수준은 차이가 있는 것으로 분석되며, '22년과 '23년의 노출 수준이 다른 연도에 비해서 낮은 것으로 분석되었다($p < 0.001$). 중위수 노출 수준은 최소값 노출수준과 동일하며, 이는 약 70%의 시료가 불검출이기 때문에, 불검출 시료를 최소 평가값을 2로 나누어 대체하였기 때문이다. 노출기준을 초과한 측정은 총 182건 이었으며, '22년 노출기준의 약 41배 수준으로 평가된 값이 가장 높았다. 상위 95% 추정 노출지수(%)는 연도별로 23~30 수준이었다.

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에는 완제의약품제조업 등이 있었으며, 기하평균 노출지수는 0.1미만이고, 95% 상위 노출지수는 최고 43% 수준이었다. 10개 업종에서는 노출기준을 초과하는 값이 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종에는 배관및냉난방장치도매업 등이 있었으며, 기하평균의 최대는 약 32%수준이었다. 복재문 및관련제품 제조업에서는 최대 노출지수와 95% 상위 노출지수가 노출기준을 초과하였다.

95% tile이 높은 15개 업종에는 기타건축용나무제품제조업 등이 있었으며, 95% tile이 100을 초과하는 업종이 4개였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종에는 그외자동차용식품부품제조업 등이 있었으며, 업종별 주요 지수는 4.60~11.85였다. 주요 등급은 15개 업종 중 4등급이 14개이며, 3등급이 1개였다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 2등급이었으며, 1개 업종(그외기타분류안된금속가공제품제조업)은 3등급, 2개 업종(목재문및관련제품제조업, 기타건축용나무제품제조업)은 4등급이었다.



[그림 III-1] 디클로로메탄의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

a) with ND, b) without ND

〈표 III-25〉 디클로로메탄의 연도별 측정현황 (with replaced ND)

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	14,535	10,073	69.3	4.90	15.56	0.0031	174.3	0.0001	0.0001	539.4	30.4
2019	15,637	11,034	70.6	5.11	16.35	0.0028	176.0	0.0001	0.0001	722.0	31.4
2020	15,458	11,006	71.2	4.63	14.41	0.0026	167.2	0.0001	0.0001	607.3	29.0
2021	15,136	10,889	71.9	4.64	14.44	0.0024	165.5	0.0001	0.0001	411.7	28.7
2022	19,615	15,604	79.6	3.64	32.66	0.0010	94.1	0.0001	0.0001	4069.0	23.2
2023	14,265	10,654	74.7	3.81	10.97	0.0017	133.4	0.0001	0.0001	136.4	25.7
합계	94,646	69,260	73.2	4.42	19.67	0.0021	148.04	0.0001	0.0001	4,068.96	28.06

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile

〈표 III-26〉 디클로로메탄의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	완제 의약품 제조업	305	37,002	112.0	16,902.8	5,514	3.23	11.09	0.0019	129.70	0.0001	0.0001	289.25
2	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	210	15,108	46.2	4,883.3	3,465	2.74	7.79	0.0017	115.75	0.0001	0.0001	81.23
3	그 외기타분류인원화학제품 제조업	3,050	38,486	93.0	10,457.2	3,345	4.74	13.48	0.0037	193.82	0.0001	0.0001	316.13
4	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4,427	71,377	175.2	15,064.8	3,266	7.08	18.12	0.0040	220.41	0.0001	0.0001	214.14
5	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	132.3	18,621.8	2,659	7.37	19.18	0.0081	273.93	0.0001	0.0001	411.68
6	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8,066	57,750	97.3	4,841.7	2,267	3.03	9.09	0.0012	98.80	0.0001	0.0001	105.81
7	합성수지 및 기타 플라스틱 물질	4,266	54,949	77.3	9,842.0	2,090	5.02	12.84	0.0033	189.36	0.0001	0.0001	174.40
8	의학 및 약학 연구개발업	1,524	14,901	47.7	2,993.3	2,044	2.19	5.89	0.0016	110.12	0.0001	0.0001	45.37
9	도금업	2,108	23,683	97.7	1,830.8	1,955	10.14	24.61	0.0337	333.35	0.1720	0.0001	721.98
10	강선 건조업	2,596	76,573	11.2	37,738.0	1,910	0.08	1.49	0.0001	3.26	0.0001	0.0001	58.71
11	주형 및 금형 제조업	9,288	57,188	104.8	4,681.3	1,704	4.06	16.44	0.0016	116.09	0.0001	0.0001	296.45
12	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12,890	28.3	6,571.5	1,676	1.44	4.94	0.0007	60.80	0.0001	0.0001	45.97
13	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	96.0	1,598.0	1,586	6.97	16.01	0.0060	250.59	0.0001	0.0001	160.97
14	기타 공학 연구개발업	1,395	37,470	27.8	12,397.2	1,548	1.23	4.34	0.0006	53.76	0.0001	0.0001	47.24
15	자동차 차체용 신품 부품 제조업	4,296	149,959	74.5	9,684.3	1,494	5.76	13.02	0.0054	228.87	0.0001	0.0001	154.69
													32.41
													40.76

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-27〉 디클로메탄의 기하평균 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입*			작업환경측정*		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	배관 및 냉·난방장치 도매업	2,824	6,513	0.2	1.2	2	31.54	1.94	31.52	1.04	31.54	30.17	32.92	33.86
2	자동차 중고부품 및 내장품 판매업	672	1,347	0.2	2.2	2	29.00	2.10	28.96	1.05	29.00	27.52	30.49	31.51
3	일반 제재업	555	3,640	1.0	93.8	73	31.03	17.97	18.25	8.72	29.05	0.00	74.69	643.56
4	점토벽돌,블록및유사비내화요업	363	2,834	0.3	29.5	6	17.88	11.36	14.78	1.89	15.33	6.35	32.00	42.19
5	그 외 기타 봉제의복 제조업	2,908	12,723	0.3	10.3	6	20.24	18.17	12.87	2.84	13.73	2.30	44.76	71.65
6	수산물냉동품 제조업	277	3,835	0.2	33.3	2	10.79	2.04	10.69	1.14	10.79	9.35	12.23	13.34
7	컴퓨터 프린터 제조업	113	2,140	1.0	12.8	29	26.63	15.15	9.76	24.56	29.77	0.00	45.63	1890.04
8	침구 및 관련제품 제조업	1,139	5,307	0.2	12.5	2	7.20	0.46	7.20	1.05	7.20	6.88	7.53	7.75
9	지붕,내·외벽축조관련전문공사	670	2,354	0.5	21.8	3	5.51	1.61	5.33	1.31	6.40	3.65	6.49	8.28
10	무선 및 위성 통신업	815	13,671	0.3	28.0	8	6.11	5.03	3.87	3.07	5.26	0.46	14.95	24.52
11	곤 및 로프 제조업	214	1,235	0.8	14.2	12	15.22	17.94	3.13	29.09	8.09	0.00	49.62	800.20
12	목재 문 및 관련제품 제조업	449	2,278	9.8	721.7	504	37.84	63.45	2.35	130.38	17.60	0.00	666.15	7079.87
13	컴퓨터 제조업	331	3,200	0.2	12.5	2	3.76	4.41	2.10	3.27	3.76	0.64	6.88	14.77
14	문구용 종이제품 제조업	400	3,009	1.7	28.5	24	24.43	18.85	2.01	160.27	22.33	0.00	63.34	8514.01
15	곡물 및 기타 식량작물 재배업	661	2,855	0.3	6.0	10	17.64	11.69	1.75	134.81	22.01	0.00	29.83	5569.32

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-28〉 디클로로메탄의 95%tile 상위 15 세사업종의 측정현황

연번	업종명	산재가입*			작업환경측정*			노출지수(EI, %)								
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}	
1	기타 건축용 나무제품 제조업	524	3,229	5.2	236.2	115	33.79	48.04	0.23	438.70	3.85	0.00	183.47	143.81	5098.13	
2	목재 문 및 관련제품 제조업	449	2,278	9.8	721.7	504	37.84	63.45	2.35	130.38	17.60	0.00	666.15	141.58	7079.87	
3	기타 산업용 유리제품 제조업	202	2,902	0.8	130.3	10	37.96	48.30	0.22	559.52	8.90	0.00	127.95	112.06	7215.65	
4	목재보존,방부처리,도장및유사	98	678	3.5	45.2	55	36.08	72.80	0.30	433.49	10.14	0.00	492.67	111.16	6428.82	
5	치과용 기기 제조업	1,422	7,186	2.7	313.0	41	24.91	31.77	0.19	423.54	3.44	0.00	96.56	94.21	3977.42	
6	제판 및 조판업	366	2,122	1.5	18.7	34	21.15	35.90	0.01	442.51	0.00	0.00	99.09	93.37	162.70	
7	납시 및 수렴용구 제조업	202	1,611	2.2	110.5	24	17.88	27.54	0.28	293.81	5.86	0.00	92.31	86.24	3181.51	
8	구름베어링 제조업	311	6,614	4.0	528.3	52	16.17	46.63	0.01	356.43	0.00	0.00	234.70	84.57	173.04	
9	볼트 및 너트류 제조업	303	982	3.5	71.0	24	27.29	30.25	0.59	295.42	8.82	0.00	90.79	76.57	6867.97	
10	그외기타분류안된금속가공제품	7,091	46,930	48.3	2,234.3	808	12.65	28.58	0.01	340.27	0.00	0.00	423.44	75.59	124.98	
11	일반용 전기 조명장치 제조업	1,418	6,953	1.7	44.5	19	17.29	25.73	0.11	422.38	7.15	0.00	74.39	73.20	2369.85	
12	정밀 기기 및 과학 기기 도매업	4,203	20,907	1.0	30.3	18	13.29	22.94	0.62	117.65	3.45	0.00	73.98	72.05	1578.75	
13	기타 광학 기기 제조업	380	4,791	5.8	313.5	117	18.34	25.26	0.11	414.25	3.22	0.00	85.37	70.74	2234.39	
14	기타 가정용 전기 기기 제조업	1,757	31,960	11.5	1,977.8	180	12.64	23.26	0.05	363.28	0.68	0.00	134.18	70.33	739.83	
15	주방용 전기 기기 제조업	445	4,477	3.8	294.3	52	16.90	21.81	0.10	461.06	8.38	0.00	78.30	66.41	2439.90	

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-29〉 디클로로메탄의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세분류)	신재기입*		작업환경측정*		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	176.0	15,290	3,266	7.1	0.0040	0.0001	41.9	2	4	11.85
2	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	133.0	18,648	2,659	7.4	0.0081	0.0001	38.3	2	4	9.00
3	도금업	2,108	23,683	97.8	1,862	1,955	10.1	0.0337	0.1720	43.0	2	4	7.04
4	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	96.0	1,600	1,586	7.0	0.0060	0.0001	41.6	2	4	6.86
5	원제 의약품 제조업	305	37,002	112.3	16,920	5,514	3.2	0.0019	0.0001	20.3	2	4	6.82
6	목재 문 및 관련제품 제조업	449	2,278	9.8	722	504	37.8	2.3470	17.6039	141.6	4	4	6.46
7	주형 및 금형 제조업	9,288	57,188	104.8	4,681	1,704	4.1	0.0016	0.0001	21.0	2	4	6.39
8	기타 건축용 나무제품 제조업	524	3,229	5.2	236	115	33.8	0.2296	3.8478	143.8	4	3	6.28
9	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	93.2	10,543	3,345	4.7	0.0037	0.0001	29.0	2	4	6.06
10	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8,066	57,750	97.8	4,879	2,267	3.0	0.0012	0.0001	21.2	2	4	5.96
11	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7,091	46,930	48.5	2,293	808	12.6	0.0086	0.0001	75.6	3	4	5.59
12	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	75.3	22,622	1,313	5.7	0.0025	0.0001	37.8	2	4	5.38
13	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	78.0	10,043	2,090	5.0	0.0033	0.0001	31.0	2	4	5.21
14	자동차 차체용 부품 제조업	4,296	149,959	75.0	9,793	1,494	5.8	0.0054	0.0001	32.4	2	4	5.10
15	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21,784	120,380	60.0	2,364	949	7.4	0.0052	0.0001	41.2	2	4	4.60

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, X_{0.95}: 95% tile, **노출등급**(X_{0.95}): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4(X_{0.95} 및 측정사업장수 평균이상), 3(X_{0.95} 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2(X_{0.95} 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1(X_{0.95} 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**=X_{0.95} 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

2) 메탄올

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

메탄올은 감각 자극, 두통, 메스꺼움, 시각 장애를 유발하며, 높은 노출 수준(만성 연구에서 1,000~10,000 ppm)에서 시신경병증, 대사성 산증, 마취, 호흡억제를 초래하였다. 이러한 인간 및 동물의 독성 반응을 바탕으로, 메탄올에 대한 노출기준(TWA)은 200 ppm, 단시간 노출기준(STEL)은 250 ppm으로 권장된다. 메탄올은 피부를 통해 흡수될 수 있어 실명 및 기타 시각 장애를 일으킬 수 있기 때문에, 피부 노출에 대한 주의도 권장된다. 감작성 또는 발암성에 대한 주의를 권장할 만한 충분한 자료는 없다. 생물학적 노출지표가 권장된다.

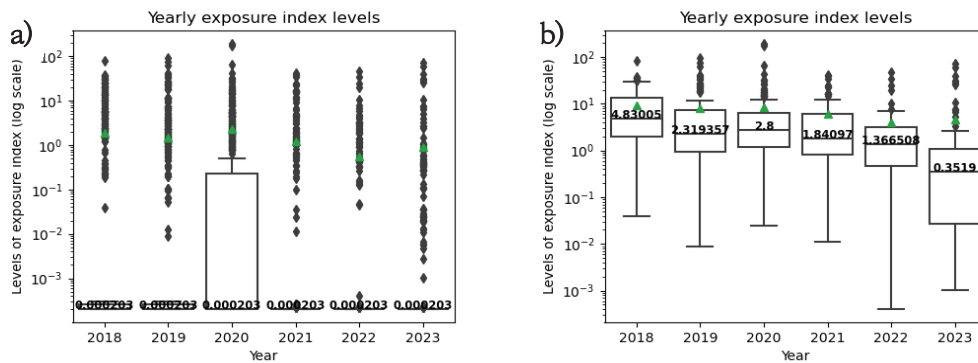
메탄올은 주로 천연가스와 증기로부터 여러 단계를 거쳐 생산된다. 1998년 미국의 생산량은 140억 파운드였다. 메탄올은 니트로셀룰로스, 에틸셀룰로스, 다양한 천연 및 합성수지의 용매로 사용되며, 메탄올의 변성제, 부동액, 자동차 앞유리 세정액에 사용된다. 또한 포름알데히드와 많은 다른 화학물질, 특히 메틸 유도체의 제조에 사용된다. 미래에는 자동차 연료 및 연료 전지의 수소 원료로 사용될 가능성도 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

메탄올의 측정결과 보고된 자료는 총 2,865건이었으며, STEL 평가 4건, 노출기준단위 오류 6건, 노출기준 오류(인정범위: 133~200 ppm) 5건을 제외(중복)하여, 유효 자료의 수는 총 2,854건이었다. 단시간 노출평가 값 4개는 0, 5.13, 7.41, 8.87 ppm 이었다. 유효 자료 중 불검출값은 2,282건(80%)이었다.

연도별 노출지수는 산술평균으로 0.56~2.29% 수준이었으며, 기하평균은 0.0007~0.0027% 수준이었다. 연도별 노출수준은 '20년과 '22년 노출수준은

유의한 차이가 있었으나($p=0.0074$). 다른 연도 간에는 차이가 없는 것으로 분석되었다. 불검출값이 약 80% 이므로, 중위수는 최소값과 동일하였고, 노출기준을 초과하는 값은 '20년 2개가 있었으며 동일 사업장의 동일 공정 근로자에게서 평가된 것이었다. 연도별 상위 95% 노출지수는 1.07~13.40% 수준이었으며, 연차적으로 낮아지는 경향이 있었다. 일원배치분산분석결과 연도별 유의한 차이가 있었으며($p=0.007$), 기하평균 농도가 가장 높은 2020년과 가장 낮은 2022년간에만 유의한 차이가 있었다($p=0.007$).



[그림 III-2] 메탄올의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

a) with ND, b) without ND

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에는 종합병원 등이 있었으며, 기하평균 노출지수는 0.3미만이었다. 최대 노출지수가 100을 초과하는 노출기준 초과값이 있는 업종이 1개(연마재 제조업) 있었으며, 동 업종에서 95% 상위 노출지수는 최고 75% 수준이었다.

기하평균 상위 15개 세세업종은 플라스틱포대봉투및유사제품제조업 등이었으며, 업종의 최대 기하평균은 31%수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었으며, 이들 업종에서는 한두개의 높은 측정값이 기하평균에 크게 영향을 미치면서 포함되었을 것으로 판단된다.

95% tile이 높은 15개 업종에는 연마재제조업 등이 있었으며, 95% tile이

100을 초과하는 업종은 없었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종에는 자동차종합수리업 등이 있었으며, 업종별 주요 지수는 0.52~8.56 이었다. 주요 등급은 15개 업종 중 4등급이 9개, 3등급이 4개, 2등급이 2개였다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 2등급이었으며, 1개 업종(연마재제조업)은 3등급, 5개 업종은 1등급 이었다.

〈표 III-30〉 메탄올의 연도별 측정현황 (with ND)

연도	불검출		노출지수(EI, %)							
	총시료수	시료수 (%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	548	436	79.6	1.89	6.49	0.0016	57.09	0.0002	81.39	13.40
2019	683	561	82.1	1.45	6.88	0.0011	38.46	0.0002	94.32	6.59
2020	521	379	72.7	2.29	12.55	0.0027	72.82	0.0002	192.73	9.37
2021	345	276	80.0	1.23	4.83	0.0013	42.87	0.0002	42.25	5.88
2022	404	348	86.1	0.56	3.39	0.0007	21.73	0.0002	46.89	2.33
2023	353	282	79.9	0.92	6.02	0.0009	22.90	0.0002	72.01	1.07
합계	2,854	2,282	80.0	1.47	7.57	0.0013	42.81	0.0002	192.73	6.70

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-31〉 메탄올의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황 (with ND)

연 번	업종명	산재가입*		작업환경측정*		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	종합병원	188	39,908	10.3	22,453.8	630	0.11	1.43	0.0004	9.24	0.0002	0.0002	34.67
2	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	28.2	283.7	304	0.82	2.59	0.0020	53.52	0.0002	0.0002	27.67
3	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	15.3	85.8	135	0.71	1.94	0.0031	62.90	0.0002	0.0002	18.48
4	일반병원	6,317	319,953	3.0	1,871.3	118	0.35	2.09	0.0004	9.23	0.0002	0.0002	15.27
5	강 주물 주조업	378	4,730	5.7	123.7	100	7.30	12.93	0.0934	170.00	2.1269	0.0002	64.60
6	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4,427	71,377	4.0	274.8	98	0.00	0.01	0.0003	2.37	0.0003	0.0002	0.11
7	항공기용 부품 제조업	237	10,529	0.5	163.7	90	0.07	0.48	0.0003	4.15	0.0002	0.0002	3.54
8	연마제 제조업	153	1,546	1.5	41.5	79	16.18	33.67	0.1749	219.37	2.4188	0.0002	192.73
9	접착제 및 젤라틴 제조업	490	5,391	2.5	65.0	72	2.72	5.12	0.0093	137.98	0.0002	0.0002	24.84
10	1차유리제품, 유리섬유및광학용	143	3,057	0.7	79.3	72	0.69	2.19	0.0010	34.05	0.0002	0.0002	14.49
11	완제 의약품 제조업	305	37,002	0.3	206.2	71	0.04	0.18	0.0003	6.53	0.0002	0.0002	1.08
12	기타 인쇄업	5,377	35,293	3.7	58.5	56	11.47	14.69	0.2697	165.73	3.4839	0.0002	46.89
13	플라스틱 접착처리 제품 제조업	113	712	2.2	109.7	56	0.00	0.00	0.0002	1.12	0.0002	0.0002	0.00
14	선박 구성 부분품 제조업	3,256	52,409	2.3	348.0	55	0.57	3.27	0.0004	11.38	0.0002	0.0002	23.62
15	동 주물 주조업	50	515	1.5	36.3	44	0.84	1.48	0.0059	70.03	0.0003	0.0002	5.72

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-32〉 메탄올의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황 (with ND)

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	플라스틱포대 봉투및유사제품	1,100	6,387	0.3	9.7	4	31.30	7.91	30.58	1.24	29.96	23.98	41.32	40.20	43.58
2	일반철물제조업	1,080	7,152	0.2	3.7	1	9.85	0.00	9.85	1.00	9.85	9.85	9.85	9.85	9.85
3	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	0.2	1.0	2	4.26	1.40	4.14	1.27	4.26	3.27	5.25	5.15	6.11
4	플라스틱 펠름 제조업	1,472	17,435	0.3	6.0	8	8.06	7.39	3.57	5.36	7.30	0.09	19.20	17.32	56.49
5	이동 전화기 제조업	125	1,194	0.5	12.5	10	7.13	7.47	1.98	23.64	3.79	0.00	21.90	20.11	359.05
6	그외기타분류안된화학제품제조	3,050	38,486	1.3	29.3	15	4.47	4.96	0.33	80.30	5.21	0.00	18.41	12.04	448.35
7	기타 인쇄업	5,377	35,293	3.7	58.5	56	11.47	14.69	0.27	165.73	3.48	0.00	46.89	39.02	1207.15
8	연마재 제조업	153	1,546	1.5	41.5	79	16.18	33.67	0.17	219.37	2.42	0.00	192.73	75.49	1241.87
9	경 인쇄업	4,066	14,585	0.8	9.3	10	2.20	3.70	0.10	66.31	0.41	0.00	11.55	8.69	96.17
10	강 주물 주조업	378	4,730	5.7	123.7	100	7.30	12.93	0.09	170.00	2.13	0.00	64.60	32.37	436.12
11	기타 절연선 및 케이블 제조업	1,317	17,107	0.5	74.2	6	10.33	12.37	0.07	300.36	5.78	0.00	26.09	25.64	775.01
12	기타 목재 가구 제조업	3,866	17,812	0.2	3.3	2	4.68	6.61	0.05	192.24	4.68	0.00	9.36	8.89	278.05
13	박판, 합판 및 유사 적층판 제조업	300	2,912	0.3	66.2	4	3.03	3.50	0.04	172.90	3.01	0.00	6.08	6.07	168.04
14	공기 조화장치 제조업	646	6,149	0.5	121.7	6	2.75	4.11	0.03	140.95	1.23	0.00	10.58	8.80	111.32
15	액체 펌프 제조업	623	6,731	0.3	2.8	2	1.43	2.03	0.03	106.46	1.43	0.00	2.87	2.73	58.24

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-33〉 메탄올의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황 (with ND)

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	연마재 제조업	153	1,546	1.5	41.5	79	16.18	33.67	0.17	219.37	2.42	0.00	192.73
2	플라스틱포대, 봉투및유사제품	1,100	6,387	0.3	9.7	4	31.30	7.91	30.58	1.24	29.96	23.98	41.32
3	기타 인쇄업	5,377	35,293	3.7	58.5	56	11.47	14.69	0.27	165.73	3.48	0.00	46.89
4	강 주물 주조업	378	4,730	5.7	123.7	100	7.30	12.93	0.09	170.00	2.13	0.00	64.60
5	기타 절연선 및 케이블 제조업	1,317	17,107	0.5	74.2	6	10.33	12.37	0.07	300.36	5.78	0.00	26.09
6	이동 전화기 제조업	125	1,194	0.5	12.5	10	7.13	7.47	1.98	23.64	3.79	0.00	21.90
7	그 외기타 특수목적용 기계제조업	4,523	29,302	1.5	58.2	20	2.65	6.79	0.00	99.69	0.00	0.00	24.46
8	플라스틱 필름 제조업	1,472	17,435	0.3	6.0	8	8.06	7.39	3.57	5.36	7.30	0.09	19.20
9	접착제 및 젤라틴 제조업	490	5,391	2.5	65.0	72	2.72	5.12	0.01	137.98	0.00	0.00	24.84
10	그외기타분류안원화제품제조업	3,050	38,486	1.3	29.3	15	4.47	4.96	0.33	80.30	5.21	0.00	18.41
11	일반 철물 제조업	1,080	7,152	0.2	3.7	1	9.85	0.00	9.85	1.00	9.85	9.85	9.85
12	기타 목재 가구 제조업	3,866	17,812	0.2	3.3	2	4.68	6.61	0.05	192.24	4.68	0.00	9.36
13	공기 조화장치 제조업	646	6,149	0.5	121.7	6	2.75	4.11	0.03	140.95	1.23	0.00	10.58
14	경 인쇄업	4,066	14,585	0.8	9.3	10	2.20	3.70	0.10	66.31	0.41	0.00	11.55
15	금속 열처리업	975	8,656	1.8	22.0	34	1.58	2.43	0.02	99.69	0.16	0.00	8.25
													7.18
													47.99

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-34〉 메탄올의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입*		작업환경측정*		노출지수(티, %)					노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$			
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	28.2	284	304	0.82	0.0020	0.0002	4.5	1	4	8.56
2	연마재 제조업	153	1,546	1.5	42	79	16.18	0.1749	2.4188	75.5	3	4	7.25
3	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	15.3	86	135	0.71	0.0031	0.0002	3.2	1	2	4.39
4	기타 인쇄업	5,377	35,293	3.7	59	56	11.47	0.2697	3.4839	39.0	2	4	4.29
5	강 주물 주조업	378	4,730	5.7	124	100	7.30	0.0934	2.1269	32.4	2	4	4.25
6	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	1,100	6,387	0.3	10	4	31.30	30.5774	29.9573	40.2	2	3	3.35
7	종합병원	188	39,908	10.5	22,660	630	0.11	0.0004	0.0002	0.3	1	2	2.57
8	기타 절연선 및 케이블 제조업	1,317	17,107	0.5	74	6	10.33	0.0651	5.7838	25.6	2	3	1.95
9	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4,523	29,302	1.5	58	20	2.65	0.0040	0.0002	20.0	2	4	1.70
10	접착제 및 젤라틴 제조업	490	5,391	2.5	65	72	2.72	0.0093	0.0002	15.6	2	4	1.58
11	이동 진화기 제조업	125	1,194	0.5	13	10	7.13	1.9754	3.7903	20.1	2	3	1.40
12	플라스틱 필름 제조업	1,472	17,435	0.3	6	8	8.06	3.5654	7.2970	17.3	2	3	1.07
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	1.3	29	15	4.47	0.3299	5.2134	12.0	2	4	0.85
14	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	2.5	49	41	1.34	0.0018	0.0002	6.2	1	4	0.64
15	금속 열처리업	975	8,656	1.8	22	34	1.58	0.0247	0.1585	7.2	1	4	0.52

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

3) 메틸클로로포름

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

메틸클로로포름에 대한 작업장 노출기준은 TWA 350 ppm과 STEL 450 ppm이 권장된다. 이러한 값은 마취 효과의 가능성을 최소화하기 위한 것이다. STEL은 불쾌한 냄새를 최소화하기 위해서도 권장된다. 이 값들은 피부 자극과 피부염의 가능성을 최소화하는 데에도 도움이 된다. 동물 실험에서 1,000 ppm의 메틸클로로포름에 노출된 경우, 경미하고 가역적인 간 및 신장 변화가 보고되었다. 흡입 및 경구투여 생물검사에서 쥐(rats)와 생쥐(mice)에 대한 메틸클로로포름의 발암성에 대한 음성 반응의 증거는 인간 발암성으로 분류할 수 없는 물질이라는 표기(A4)의 근거가 된다. 피부 또는 감작성에 대한 주의를 권장할 만한 충분한 자료는 없다. 생물학적 노출지표는 메틸 클로로포름 및 그 대사산물이 끝 숨, 소변 또는 혈액에서 채취 및 평가하는 것이 권장된다.

메틸 클로로포름은 접착제의 용매로 사용되었으며, 미국 생산량의 69%는 금속 세척에 사용되었다. 또 다른 23%는 비닐리덴 클로라이드 제조에 사용되었다. 기타 용도로는 살충제, 섬유 가공, 절삭유, 에어로졸제, 윤활제, 절삭유 구성 성분, 배수구 청소제, 구두 광택제, 얼룩 제거제, 인쇄 잉크 및 방오제 사용 등이 있다. 1985년에는 미국에서 8억 6천 9백만 파운드의 메틸 클로로포름이 생산되었으며, 1986년 보고된 미국의 생산 능력은 연간 10억 파운드였다.

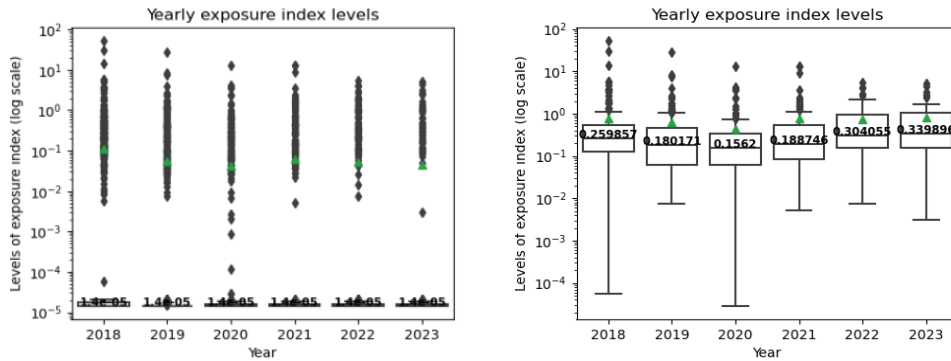
(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

STEL 평가는 1건 있었으며, 평가값은 1.52 ppm으로 STEL 및 TWA 노출 기준 미만이었다. STEL 평가값 1개 및 노출기준 오류 3개는 제외한 후 통계 분석을 하였다.

6년간 평가한 시료수는 9,531건 이었으며, 연도별 측정건수는 점차 감소하는 경향을 보였다. 불검출의 비율은 평균 90% 였으며, 연도별 비율이 증가하고

있었다. 산술평균은 노출기준의 0.1% 미만이었으며, 최대 평가값은 노출기준의 약 53% 수준이었으며, 연도별로 감소하는 경향을 보였다.

ANOVA 분석결과 연도별 유의한 차이는 없었으나($p=0.055$), 비모수검정(Kruskal-wallis)에서는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다($p<0.001$).



[그림 III-3] 메틸클로로포름의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 업종에는 자동차종합수리업 등이 있었으며, 기하평균 노출지수는 0.001미만이었다. 업종별 최대 노출지수는 최대 9%였으며, 95% tile도 대부분 1% 미만의 값을 보였다. 즉, 측정건수가 많은 업종은 대부분 노출수준은 매우 낮은 수준이었다.

기하평균 상위 15개 업종 중 플라스틱시트 및 판제조업의 기하평균이 10% 수준으로 가장 높았다. 13개 업종은 기하평균 노출지수가 1미만였고, 15개 업종 모두 측정건수는 10건 이하였다.

95% tile이 높은 15개 업종에서, 플라스틱시트및판제조업의 95% 상위 값이 48% 수준이었으며, 100을 초과하는 업종은 없었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종에서, 주요지수는 0.87~14.48이었다. 주요등급은 4등급 4개 업종, 3등급 3개 업종, 2등급 8개 업종이었다. 95% tile에 의한 노출등급은 2등급 2개 업종이고, 나머지는 1등급이었다.

〈표 III-35〉 메틸클로로포름의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	2,463	2,110	85.7	0.11	1.31	0.00006	32.19	0.00001	0.00001	52.79	0.41
2019	2,132	1,938	90.9	0.06	0.68	0.00003	15.69	0.00001	0.00001	27.96	0.15
2020	1,565	1,410	90.1	0.04	0.41	0.00004	15.98	0.00001	0.00001	13.20	0.15
2021	1,313	1,211	92.2	0.06	0.60	0.00003	13.74	0.00001	0.00001	13.20	0.13
2022	1,120	1,038	92.7	0.05	0.32	0.00003	13.97	0.00001	0.00001	5.36	0.20
2023	938	886	94.5	0.04	0.31	0.00003	10.41	0.00001	0.00001	5.15	0.09
합계	9,531	8,593	90.2	0.07	0.80	0.00004	18.30	0.00001	0.00001	52.79	0.22

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-36〉 메틸클로로포름의 측정건수 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	66.2	966.8	783	0.08	0.41	0.00008	42.21	0.00001	0.00001	9.00
2	강선 건조업	2,596	76,573	3.5	8,346.8	706	0.00	0.06	0.00002	4.00	0.00001	0.00001	1.49
3	기타 인쇄업	5,377	35,293	30.8	1,399.0	568	0.03	0.17	0.00004	18.32	0.00001	0.00001	2.30
4	선박 구성 부분품 제조업	3,256	52,409	5.2	10,751.3	405	0.02	0.37	0.00002	2.17	0.00001	0.00001	7.50
5	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	2.5	337.8	390	0.01	0.07	0.00002	6.03	0.00001	0.00001	1.10
6	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	19.3	331.2	279	0.04	0.16	0.00004	20.72	0.00001	0.00001	1.34
7	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6,321	2.5	1,929.0	277	0.00	0.01	0.00002	2.37	0.00001	0.00001	0.07
8	무기 및 총포탄 제조업	62	6,377	2.0	2,412.7	246	0.00	0.03	0.00002	2.90	0.00001	0.00001	0.27
9	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4,427	71,377	8.8	1,382.2	237	0.02	0.17	0.00002	5.39	0.00002	0.00001	1.96
10	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	11.7	128.3	192	0.09	0.41	0.00005	28.14	0.00001	0.00001	3.77
11	철도차량부품및관련장치물제조업	252	4,430	1.0	1,775.2	172	0.00	0.00	0.00001	1.00	0.00001	0.00001	0.00
12	승용차및기타여객용자동차제조업	397	57,184	6.5	7,714.0	162	0.00	0.03	0.00002	5.32	0.00001	0.00001	0.22
13	도금업	2,108	23,683	7.5	373.8	156	0.03	0.19	0.00002	7.31	0.00001	0.00001	2.14
14	기타플라스틱발포성형제품제조업	1,130	13,047	2.0	359.8	148	0.24	0.55	0.00039	124.01	0.00002	0.00001	4.04
15	그외기타일반목적용기계제조업	21,784	120,380	11.7	437.0	132	0.08	0.35	0.00011	44.39	0.00002	0.00001	3.20

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-37〉 메틸클로로포름의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	플라스틱 시트 및 판 제조업	75	560	0.2	1.5	3	20.71	27.80	10.31	3.22	5.68	3.66	52.79
2	산업설비, 운송장비및공공장소 청소업	5,381	45,744	0.2	2.2	2	1.98	0.23	1.98	1.08	1.98	1.82	2.14
3	건물 및 토목 엔지니어링 서비스업	4,060	57,315	0.2	1.7	1	0.71	0.00	0.71	1.00	0.71	0.71	0.71
4	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5,309	0.2	4.3	2	0.28	0.01	0.28	1.03	0.28	0.27	0.29
5	전자 저항기 제조업	72	1,292	0.2	1.0	2	0.17	0.13	0.14	1.81	0.17	0.08	0.26
6	장식용 목제품 제조업	266	950	0.3	2.7	2	0.17	0.16	0.12	2.24	0.17	0.06	0.28
7	합성고무 제조업	197	3,339	0.2	3.0	2	0.09	0.02	0.09	1.17	0.09	0.08	0.11
8	레이더, 항행용 무선 기기 및 측량 기구 제조업	179	1,779	0.3	6.8	2	0.11	0.11	0.07	2.48	0.11	0.03	0.18
9	날붙이 제조업	239	2,207	0.2	1.5	1	0.07	0.00	0.07	1.00	0.07	0.07	0.07
10	골판지 상자 및 가공제품 제조업	421	2,618	0.2	2.3	2	0.07	0.01	0.07	1.08	0.07	0.06	0.07
11	아파트 건설업	3,082	330,427	0.3	330.3	4	0.29	0.26	0.03	79.16	0.28	0.00	0.59
12	산업용 난방보일러 및 방열기 제조업	443	3,066	1.0	16.7	7	0.29	0.30	0.02	97.21	0.28	0.00	0.85
13	기타 종이 및 판지 제조업	397	5,290	0.3	4.0	4	0.17	0.17	0.02	60.27	0.14	0.00	0.40
14	시계, 귀금속 및 악기 수리업	50	71	0.2	13.3	3	1.29	2.20	0.01	171.38	0.03	0.00	3.83
15	그 외 기타 전기장비 제조업	2,350	27,510	0.7	27.3	10	0.13	0.12	0.01	69.39	0.08	0.00	0.28

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-38〉 메틸클로로포름의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	플라스틱 시트 및 판 제조업	75	560	0.2	1.5	3	20.71	27.80	10.31	3.22	5.68	3.66	52.79
2	역체 펌프 제조업	623	6,731	1.7	62.7	32	2.49	6.18	0.00	229.50	0.00	0.00	27.96
3	톱 및 호환성 공구 제조업	335	7,111	1.2	51.3	13	0.87	1.72	0.00	240.55	0.00	0.00	5.36
4	그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업	2,681	21,085	0.5	6.2	6	1.26	1.95	0.00	323.32	0.00	0.00	3.96
5	전자기 측정, 시험 및 분석 기구 제조업	792	9,938	1.8	99.3	22	0.55	1.38	0.00	146.06	0.00	0.00	4.37
6	시계, 귀금속 및 악기 수리업	50	71	0.2	13.3	3	1.29	2.20	0.01	171.38	0.03	0.00	3.83
7	반도체 제조용 기계 제조업	3,408	35,358	2.2	55.5	15	0.68	1.44	0.00	240.81	0.00	0.00	5.51
8	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4,523	29,302	1.8	47.3	29	0.49	1.08	0.00	164.46	0.00	0.00	4.13
9	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업	5,381	45,744	0.2	2.2	2	1.98	0.23	1.98	1.08	1.98	1.82	2.14
10	설치용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	353	2,674	0.7	11.2	9	0.40	0.62	0.01	166.11	0.14	0.00	1.72
11	절삭 가공 및 유사 처리업	1,829	9,163	1.2	22.2	14	0.53	0.57	0.01	216.71	0.40	0.00	1.44
12	기타 악기 제조업	143	653	0.5	9.7	18	0.35	1.12	0.00	112.09	0.00	0.00	4.78
13	금속 주조 및 기타 야금용 기계 제조업	122	1,491	1.0	36.0	16	0.16	0.43	0.00	42.19	0.00	0.00	1.27
14	통신·방송장비 및 부품 도매업	5,374	23,099	1.0	230.0	48	0.27	0.54	0.00	123.85	0.01	0.00	2.76
15	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1,130	13,047	2.0	359.8	148	0.24	0.55	0.00	124.01	0.00	0.00	4.04

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-39〉 메틸클로로포름의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입*		작업환경측정*		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	플라스틱 시트 및 판 제조업	75	560	0.2	2	3	20.7	10.3083	5.6765	48.1	2	3	14.48
2	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	66.2	967	783	0.1	0.0001	0.0000	0.4	1	2	12.89
3	기타 인쇄업	5,377	35,293	31.0	1,402	568	0.0	0.0000	0.0000	0.2	1	2	5.76
4	액체 펌프 제조업	623	6,731	1.7	63	32	2.5	0.0003	0.0000	13.2	2	3	3.93
5	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	19.3	331	279	0.0	0.0000	0.0000	0.3	1	2	3.45
6	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	11.7	128	192	0.1	0.0001	0.0000	0.6	1	4	2.01
7	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21,784	120,380	11.7	437	132	0.1	0.0001	0.0000	0.4	1	2	1.94
8	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	8.8	1,382	237	0.0	0.0000	0.0000	0.0	1	2	1.26
9	통 및 호환성 공구 제조업	335	7,111	1.2	51	13	0.9	0.0006	0.0000	4.3	1	3	1.07
10	전자기 측정, 시험 및 분석 기구 제조업	792	9,938	1.8	99	22	0.6	0.0006	0.0000	3.8	1	4	1.05
11	도금업	2,108	23,683	7.5	374	156	0.0	0.0000	0.0000	0.0	1	2	0.99
12	기타 구조용 금속제품 제조업	5,913	37,308	5.8	382	86	0.2	0.0001	0.0000	1.0	1	4	0.96
13	육상 금속 골조 구조재 제조업	3,602	25,631	6.7	86	62	0.1	0.0001	0.0000	0.3	1	2	0.93
14	자동차 차체용 부품 제조업	4,296	149,959	6.7	1,337	130	0.0	0.0000	0.0000	0.3	1	2	0.91
15	반도체 제조용 기계 제조업	3,408	35,358	2.2	56	15	0.7	0.0025	0.0000	3.0	1	4	0.87

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

4) 메틸렌 비스페닐 이소시아네이트(MDI)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

MDI는 톨루엔 디이소시아네이트(TDI)에 의해 발생하는 독성 반응과 특히 호흡기 감작 및 폐 기능 저하에서 차이가 없고, MDI 노출에 대한 확실한 자료는 없다. 그러므로 TDI의 노출기준을 참조하여, MDI에 대한 작업장 노출 기준(TWA)으로 0.005 ppm이 권장한다. 이 값은 폐 기능 저하 및 호흡기 감작 가능성을 최소화하는 데 도움이 될 것이다. 피부, 감작성 또는 발암성에 대한 주의나, 단시간 노출기준을 권장할 만한 충분한 자료는 없다. 권장된 노출기준은 감수성 있는 근로자가 감작되거나, 이미 감작된 개인에서 알레르기 반응을 일으킬 가능성으로부터 반드시 보호하지 못할 수 있습니다. 따라서, 노출은 권장된 노출기준보다 가능한 한 낮게 유지되어야 한다.

MDI의 현재 용도 중 하나는 스프레이 건 기술을 사용한 표면의 폼 또는 필름 코팅으로, 낮지만 유의미한 증기압의 물리적 특성으로 인해 증기 및 입자 노출 가능성이 있다. 폼 적용 중 환경 오염 측정 결과, 총 MDI 농도가 최고 5 mg/m³에 달하는 것으로 나타났다. 고농도 샘플의 95% 이상이 호흡 가능한 크기 범위의 입자였으며, 농도는 2에서 8 mppcf였다. 작업 중 호흡 구역에서 MDI 증기 농도는 0.02 ppm을 초과하지 않았다.

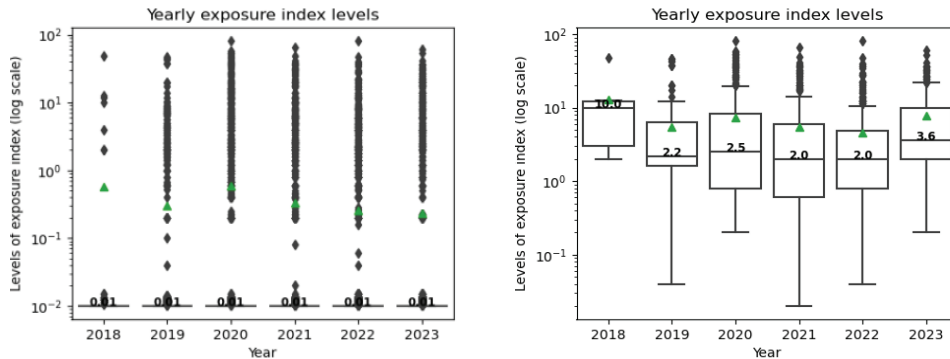
(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료 총 30,005건 중에서, 노출기준 오류(인정범위: 0.0033~ 0.005 ppm)가 총 54건 있었고 이들은 제외하고 통계분석 하였다.

MDI의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 약 95% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.32%였으며, 기하평균은 0.014% 였다. 불검출율이 높음에도 불구하고 기하평균 노출지수가 다른물질보다 높게 나타나는 것은 최소값을 2로 나누어 대체함에 있어서, 이값이 다른 물질들에 비해서

상대적으로 큰 것으로 판단된다.

ANOVA 분석결과 연도별 유의한 차이는 없었으나($p=0.055$), 비모수검정(Kruskal-wallis)에서는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다($p<0.001$).



[그림 III-4] MDI의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 업종에서, 기하평균 노출지수는 모두 0.1% 미만이었다. 대부분의 업종이 최대 노출지수(Max)가 10%를 초과하는 수준이었고, 최대 약 80% 수준이었다. 95% 상위 노출지수는 최고 5% 수준이었다.

기하평균 상위 15개 업종에서, 최대 기하평균은 1.38%로 낮은 수준이었다. 95% tile이 10%를 초과하는 업종은 5개 업종이었다.

95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% tile의 최대값은 41.7% 수준이었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종에서, 업종별 주요 지수는 2.24~15.07이었다. 주요 등급은 15개 업종 중 4등급이 3개, 3등급이 9개, 2등급이 3개였다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 2등급이었으며, 5개 업종은 1등급이었다.

〈표 III-40〉 MDI의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	161	154	95.7	0.57	4.09	0.014	3.91	0.010	0.010	48.00	0.02
2019	2,488	2,353	94.6	0.30	2.38	0.014	3.62	0.010	0.010	46.60	0.48
2020	4,933	4,544	92.1	0.59	3.71	0.016	4.76	0.010	0.010	81.36	2.00
2021	5,721	5,383	94.1	0.33	2.48	0.014	3.66	0.010	0.010	65.62	0.28
2022	7,595	7,195	94.7	0.25	2.07	0.014	3.36	0.010	0.010	80.60	0.20
2023	9,053	8,789	97.1	0.23	2.11	0.012	2.75	0.010	0.010	60.40	0.01
합계	29,951	28,418	94.9	0.32	2.54	0.014	3.49	0.010	0.010	81.36	0.20

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-41〉 MDI의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연번	업종명	산재가입*		작업환경측정*		노출지수(EI, %)									
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	아파트 건설업	3,082	330,427	235.2	62,022.0	7875	0.13	1.50	0.012	2.39	0.010	0.010	80.60	0.011	0.05
2	기타 공동 주택 건설업	10,618	183,694	69.2	13,036.8	1807	0.18	2.60	0.011	2.33	0.010	0.010	58.00	0.011	0.05
3	시무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	16,247	295,588	55.0	10,895.5	1496	0.16	1.57	0.012	2.62	0.010	0.010	36.00	0.011	0.06
4	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	45.3	2,772.5	1334	0.97	4.62	0.019	6.55	0.010	0.010	48.60	5.000	0.43
5	계면활성제 제조업	292	3,907	6.7	988.3	798	0.04	0.53	0.011	1.63	0.010	0.010	12.60	0.013	0.03
6	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1,130	13,047	31.3	1,374.2	785	0.38	1.88	0.018	5.14	0.010	0.010	34.47	2.000	0.27
7	기타 토목 시설물 건설업	25,370	259,316	28.8	5,760.0	736	0.09	0.89	0.012	2.16	0.010	0.010	18.18	0.013	0.04
8	기타 비주거용 건물 건설업	12,190	152,838	28.5	9,149.8	679	0.18	0.96	0.013	3.35	0.010	0.010	11.36	0.220	0.10
9	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4,427	71,377	32.7	3,632.8	594	0.31	3.04	0.013	2.70	0.010	0.010	48.00	0.015	0.07
10	제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	3,523	80,861	12.7	6,034.0	465	1.03	5.07	0.016	5.68	0.010	0.010	41.00	3.920	0.28
11	접착제 및 젤라틴 제조업	490	5,391	15.0	455.8	461	0.40	1.87	0.016	4.97	0.010	0.010	22.00	2.000	0.23
12	유인 항공기, 항공 우주선 및 보정장치 제조업	56	1,232	1.3	4,167.2	446	0.06	0.31	0.011	2.27	0.010	0.010	2.00	0.010	0.04
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	14.7	777.8	407	0.67	3.57	0.016	4.99	0.010	0.010	36.00	2.500	0.23
14	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	11.0	1,206.7	395	0.30	2.25	0.013	3.34	0.010	0.010	28.00	0.014	0.10
15	기타 인쇄업	5,377	35,293	14.2	949.7	351	0.42	2.08	0.019	5.11	0.011	0.010	22.60	2.000	0.28

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-42〉 MDI의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	미장, 타일 및 방수 공사업	3,058	8,446	0.3	2.8	6	12.00	11.52	1.380	33.31	11.000	0.010	28.00	26.50	440.89
2	기타 전문 서비스업	83	1,967	0.2	14.3	2	1.40	1.13	1.149	1.91	1.400	0.600	2.20	2.12	3.35
3	의료 기기 도매업	3,180	7,817	0.7	34.3	14	9.60	17.94	0.373	35.67	3.132	0.010	65.62	41.73	133.54
4	판지 상자 및 용기 제조업	528	3,677	0.3	22.0	2	2.31	3.25	0.214	21.45	2.305	0.010	4.60	4.37	33.23
5	설치용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	353	2,674	0.8	10.0	18	1.52	2.32	0.123	15.41	0.013	0.010	6.80	5.95	11.10
6	승강기 제조업	986	14,803	0.7	17.5	10	5.09	9.62	0.091	27.20	0.011	0.010	25.40	23.24	20.85
7	기타 건축용 나무제품 제조업	524	3,229	3.7	89.2	86	3.55	8.38	0.061	18.75	0.013	0.010	36.80	23.60	7.59
8	자동차 재제조 부품 제조업	11	53	1.0	8.5	8	1.88	4.38	0.058	14.38	0.013	0.013	12.50	9.00	4.67
9	기체 여과기 제조업	1,434	14,639	5.8	208.8	117	1.75	5.43	0.047	13.30	0.010	0.010	41.20	10.52	3.33
10	전자 축전기 제조업	88	3,571	0.2	101.0	4	1.01	2.00	0.045	13.39	0.010	0.010	4.00	3.40	3.19
11	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10,714	2.7	156.7	51	0.93	1.98	0.044	11.90	0.010	0.010	7.80	5.70	2.60
12	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	1,100	6,387	2.2	52.0	30	1.45	3.28	0.043	14.09	0.010	0.010	14.20	7.48	3.30
13	일반 철물 제조업	1,080	7,152	2.0	57.0	20	0.36	0.80	0.040	7.38	0.011	0.011	2.95	2.31	1.08
14	자동차용 금속 압형제품 제조업	145	784	0.8	16.3	10	1.56	3.27	0.038	14.31	0.010	0.010	8.00	7.78	3.01
15	그 외 기타 컴퓨터 부품 및 유사제품 제조업	302	2,930	0.7	11.7	16	0.16	0.24	0.038	5.71	0.010	0.010	0.80	0.65	0.66

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-43〉 MDI의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	의료 기기 도매업	3,180	7,817	0.7	34.3	14	9.60	17.94	0.373	35.67	3.132	0.010	65.62	41.73	133.54
2	기타 인쇄관련 산업	1,204	6,521	0.7	12.0	17	5.40	16.06	0.027	14.89	0.010	0.010	60.40	37.04	2.28
3	미장, 타일 및 방수 공사업	3,058	8,446	0.3	2.8	6	12.00	11.52	1.380	33.31	11.000	0.010	28.00	26.50	440.89
4	기타 건축용 나무제품 제조업	524	3,229	3.7	89.2	86	3.55	8.38	0.061	18.75	0.013	0.010	36.80	23.60	7.59
5	승강기 제조업	986	14,803	0.7	17.5	10	5.09	9.62	0.091	27.20	0.011	0.010	25.40	23.24	20.85
6	강 주물 주조업	378	4,730	2.7	299.2	56	1.74	6.01	0.023	8.05	0.013	0.010	30.80	18.55	0.71
7	기타 항공 운송지원 서비스업	169	4,284	1.0	1651.5	19	1.61	4.80	0.022	9.47	0.010	0.010	16.20	14.40	0.87
8	템, 벨브 및 유사 장치 제조업	1,601	17,174	3.8	312.3	38	2.96	10.03	0.027	12.39	0.010	0.010	52.78	14.21	1.69
9	목재 문 및 관련제품 제조업	449	2,278	3.5	403.3	208	2.47	8.28	0.036	13.99	0.010	0.010	81.36	14.00	2.79
10	액체 여과기 제조업	643	3,102	2.2	48.2	29	1.62	5.82	0.025	8.87	0.010	0.010	24.80	12.52	0.91
11	기체 여과기 제조업	1,434	14,639	5.8	208.8	117	1.75	5.43	0.047	13.30	0.010	0.010	41.20	10.52	3.33
12	기방 및 기타 보호용 케이스 제조업	739	3,053	0.8	59.0	22	1.10	3.25	0.024	9.27	0.010	0.010	12.00	9.60	0.94
13	그 외 기타 나무제품 제조업	1,316	5,830	5.2	70.8	60	1.49	5.78	0.020	7.47	0.010	0.010	35.91	9.54	0.54
14	암면 및 유사 제품 제조업	53	486	0.7	16.3	12	1.57	3.66	0.031	12.80	0.010	0.010	10.00	9.31	2.07
15	자동차 재제조 부품 제조업	11	53	1.0	8.5	8	1.88	4.38	0.058	14.38	0.013	0.013	12.50	9.00	4.67

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-44〉 MDI의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(TI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	아파트 건설업	3,082	330,427	236.0	62,237	7,875	0.13	0.0116	0.0100	0.0	1	2	15.02
2	의료 기기 도매업	3,180	7,817	0.7	34	14	9.60	0.3733	3.1316	41.7	2	3	8.40
3	기타 인쇄관련 산업	1,204	6,521	0.7	12	17	5.40	0.0268	0.0100	37.0	2	3	7.39
4	미장, 타일 및 방수 공사업	3,058	8,446	0.3	3	6	12.00	1.3797	11.0000	26.5	2	3	5.11
5	기타 건축용 나무제품 제조업	524	3,229	3.7	89	86	3.55	0.0611	0.0125	23.6	2	3	4.71
6	승강기 제조업	986	14,803	0.7	18	10	5.09	0.0911	0.0113	23.2	2	3	4.43
7	기타 공동 주택 건설업	10,618	183,694	69.2	13,037	1,807	0.18	0.0115	0.0100	0.0	1	2	3.99
8	강 주물 주조업	378	4,730	2.7	299	56	1.74	0.0229	0.0125	18.6	2	3	3.56
9	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	45.5	2,773	1,334	0.97	0.0193	0.0100	5.0	1	4	3.49
10	사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	16,247	295,588	55.5	11,034	1,496	0.16	0.0120	0.0100	0.0	1	2	3.08
11	기타 목재 가구 제조업	3,866	17,812	26.8	507	331	1.42	0.0195	0.0100	7.9	1	4	2.87
12	탱, 밸브 및 유사 장치 제조업	1,601	17,174	3.8	312	38	2.96	0.0269	0.0100	14.2	2	4	2.71
13	목재 문 및 관련제품 제조업	449	2,278	3.5	403	208	2.47	0.0363	0.0100	14.0	2	3	2.64
14	기타 항공 운송지원 서비스업	169	4,284	1.0	1,652	19	1.61	0.0216	0.0100	14.4	2	3	2.56
15	액체 여과기 제조업	643	3,102	2.2	48	29	1.62	0.0251	0.0100	12.5	2	3	2.24

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, X_{0.95}: 95% tile, **노출등급**(X_{0.95}): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4(X_{0.95} 및 측정사업장수 평균이상), 3(X_{0.95} 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2(X_{0.95} 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1(X_{0.95} 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**=X_{0.95} 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

5) 무수프탈산

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ILO-WHO 화학물질안전카드)

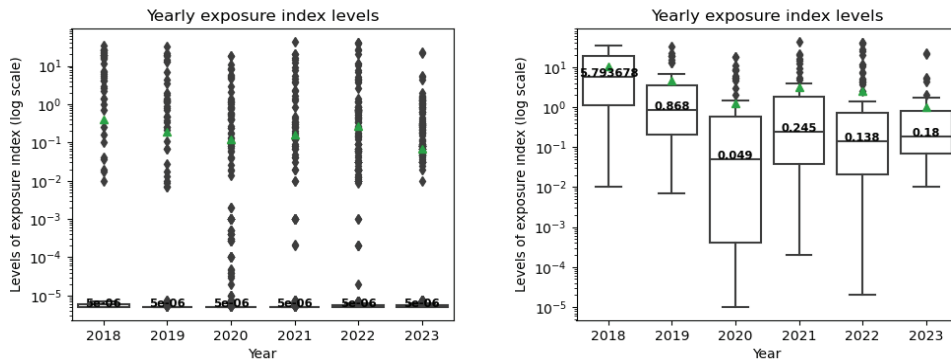
독특한 냄새가 나는 백색 광택의 결정이며, 에어로졸 흡입이나 섭취에 의해서 신체에 흡수될 수 있다. 단기노출 영향으로 눈, 피부 및 기도에 심한 자극성이 있다. 분말 상태로 분산된 경우 부유 입자가 빠르게 유해 농도에 도달할 수 있다. 반복적 또는 장기간 접촉할 경우 피부감작 및 천식을 유발할 수 있다. ACGIH TLV-TWA 0.002 mg/m³, TLV-STEL 0.005 mg/m³의 노출기준이 설정되어 있으나, 국내 노출기준은 TWA 1 mg/m³로 설정되어 있다. 피부감작성 (SEN)으로 분류되며 인간 발암 물질로는 분류되지 않았다(A4). 가연성이며 미세 입자가 공기 중에 폭발성 혼합물을 생성한다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료 총 6,531건 중에서, 노출기준 오류(인정범위: 0.667~1 ppm)가 3건, 횡수조정 5건, STEL 평가 8건(STEL 기준 없음, 측정값은 모두 불검출임)은 삭제하였다. 유효 자료는 총 6,515건 이었고, 불검출 자료는 6,067건(93.1%)였다.

무수프탈산의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 연간 약 1,000건이 측정되었다. 불검출값을 대체한 노출지수(EI)가 0.00005% 였으며, 이에 의해서 통계값이 큰 영향을 받았다.

비모수검정(Kruskal-wallis)에서는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었으며($p < 0.001$), 2018년 노출지수가 2022년을 제외한 다른 연도에 비해서 낮았다.



[그림 III-5] 무수프탈산의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 모든 업종의 기하평균이 0.0001 미만이었다. 이는 93%가 불검출이며, 불검출을 대체한 값이 0.000005로 매우 낮은 값이기 때문이다. 업종별 최대 노출지수는 최대 43%였으며, 95% tile은 최대 1.2% 였다.

기하평균 상위 15개 세세업종에서, 최대 기하평균 노출지수는 4.1% 였다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 7개가 포함되었으며, 이들 업종에서는 한두 개의 높은 측정값이 기하평균에 크게 영향을 미치면서 포함되었을 것으로 판단된다.

95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% tile의 최대 노출지수는 22% 수준 이었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종에서, 업종별 주요 지수는 0.50~7.20 이었다. 주요 등급은 15개 업종 중 4등급이 2개, 3등급이 5개, 2등급이 8개 였다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 1등급이었으며, 3개 업종은 2등급 이었다.

〈표 III-45〉 무수프탈산의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	951	913	96.0	0.41	2.85	0.0000	13.8	0.0000	0.0000	35.11	0.0000
2019	973	932	95.8	0.19	1.83	0.0000	11.2	0.0000	0.0000	32.21	0.0000
2020	1031	933	90.5	0.12	1.06	0.0000	15.2	0.0000	0.0000	18.29	0.0325
2021	1076	1020	94.8	0.16	1.81	0.0000	11.2	0.0000	0.0000	43.05	0.0004
2022	1127	1009	89.5	0.27	2.54	0.0000	26.1	0.0000	0.0000	41.40	0.1500
2023	1357	1260	92.9	0.07	0.89	0.0000	16.0	0.0000	0.0000	22.55	0.0800
합계	6515	6067	93.1	0.19	1.92	0.0000	15.5	0.0000	0.0000	43.05	0.0375

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-46〉 무수프탈산의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	26.7	2526	1138	0.19	1.96	0.0000	11.74	0.0000	0.0000	35.1	0.00	0.0005
2	계면활성제 제조업	292	3907	9.8	1274	780	0.05	0.77	0.0000	5.08	0.0000	0.0000	20.0	0.00	0.0001
3	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질	245	8682	9.0	5038	574	0.40	2.30	0.0000	61.14	0.0000	0.0000	27.6	1.21	0.0236
4	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	18.8	1891	543	0.20	2.34	0.0000	22.64	0.0000	0.0000	43.1	0.24	0.0022
5	항공기용 부품 제조업	237	10529	4.3	2955	493	0.10	1.62	0.0000	2.88	0.0000	0.0000	25.6	0.00	0.0000
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	12.2	1423	372	0.17	0.98	0.0000	34.93	0.0000	0.0000	12.0	0.32	0.0063
7	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	5.5	59814	262	0.83	5.09	0.0000	14.64	0.0000	0.0000	41.4	0.00	0.0007
8	선박 구성 부품품 제조업	3256	52409	1.2	1011	131	0.00	0.00	0.0000	4.04	0.0000	0.0000	0.0	0.00	0.0001
9	그 외 자동차용 부품 부품 제조업	4427	71377	4.8	1182	117	0.00	0.00	0.0000	1.11	0.0000	0.0000	0.0	0.00	0.0000
10	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	3.5	1183	109	0.00	0.01	0.0000	3.79	0.0000	0.0000	0.1	0.00	0.0001
11	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	3.0	233	106	0.01	0.02	0.0000	17.52	0.0000	0.0000	0.1	0.03	0.0016
12	기어 및 동력전달장치 제조업	1089	8718	1.0	3004	106	0.02	0.11	0.0000	15.17	0.0000	0.0000	0.7	0.08	0.0009
13	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	2.8	1673	94	0.35	2.39	0.0000	13.26	0.0000	0.0000	19.1	0.00	0.0006
14	금속 캔 및 기타 포장용기 제조업	376	5975	3.2	158	94	0.11	0.72	0.0000	10.05	0.0000	0.0000	5.5	0.00	0.0004
15	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	2.8	7134	74	0.00	0.00	0.0000	1.03	0.0000	0.0000	0.0	0.00	0.0000

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-47〉 무수프탈산의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95e}
1	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	94	1163	0.2	7	1	4.10	-	4.1000	1.00	4.1000	4.1000	4.1	4.10	4.1000
2	플라스틱 창호 제조업	1517	7769	0.2	4	5	15.18	8.52	0.9164	428.15	19.0000	0.0000	19.6	19.58	19546.5
3	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	0.7	2	13	4.31	7.15	0.0012	964.53	0.0000	0.0000	18.3	18.26	100.5
4	기타 전기 변환장치 제조업	1017	11331	0.5	109	6	0.12	0.19	0.0002	185.43	0.0000	0.0000	0.4	0.38	1.2081
5	그 외 기타 금속 가공업	11894	57148	1.7	26	29	0.83	2.44	0.0002	245.21	0.0000	0.0000	11.9	4.60	1.5204
6	그 외 기타 종이 및 판지 제품 제조업	791	6571	0.3	47	6	0.08	0.15	0.0002	151.94	0.0000	0.0000	0.4	0.30	0.6720
7	무기 및 총포탄 제조업	62	6377	0.5	292	10	4.38	9.23	0.0001	453.27	0.0000	0.0000	22.6	21.95	2.4937
8	방전 램프용 안정기 제조업	55	394	1.2	54	9	0.26	0.53	0.0001	171.07	0.0000	0.0000	1.4	1.23	0.3682
9	기타 목재 가구 제조업	3866	17812	1.0	13	13	0.01	0.01	0.0001	56.05	0.0000	0.0000	0.0	0.03	0.0551
10	완제 의약품 제조업	305	37002	1.7	169	73	0.37	1.56	0.0001	86.31	0.0000	0.0000	8.9	1.09	0.1003
11	그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업	2681	21085	0.5	32	20	0.82	2.02	0.0001	130.97	0.0000	0.0000	6.1	5.54	0.1640
12	납시 및 수렴용구 제조업	202	1611	0.5	38	4	0.01	0.02	0.0001	44.71	0.0000	0.0000	0.0	0.03	0.0270
13	도로 도매업	1202	3067	1.2	21	24	0.06	0.25	0.0001	59.74	0.0000	0.0000	1.2	0.08	0.0418
14	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제	180	2664	1.8	93	72	0.27	1.12	0.0000	80.39	0.0000	0.0000	7.7	1.48	0.0670
15	철골 및 관련 구조물 공사업	1356	5912	0.3	6	4	0.01	0.01	0.0000	36.29	0.0000	0.0000	0.0	0.02	0.0146

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-48〉 무수프탈산의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	무기 및 총포탄 제조업	62	6377	0.5	292	10	4.38	9.23	0.0001	453.27	0.0000	0.0000	22.6
2	플라스틱 창호 제조업	1517	7769	0.2	4	5	15.18	8.52	0.9164	428.15	19.0000	0.0000	19.6
3	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	0.7	2	13	4.31	7.15	0.0012	964.53	0.0000	0.0000	18.3
4	그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업	2681	21085	0.5	32	20	0.82	2.02	0.0001	130.97	0.0000	0.0000	6.1
5	그 외 기타 금속 가공업	11894	57148	1.7	26	29	0.83	2.44	0.0002	245.21	0.0000	0.0000	11.9
6	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	94	1163	0.2	7	1	4.10	-	4.1000	1.00	4.1000	4.1000	4.1
7	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	180	2664	1.8	93	72	0.27	1.12	0.0000	80.39	0.0000	0.0000	7.7
8	방전 램프용 안정기 제조업	55	394	1.2	54	9	0.26	0.53	0.0001	171.07	0.0000	0.0000	1.4
9	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질	245	8682	9.0	5038	574	0.40	2.30	0.0000	61.14	0.0000	0.0000	27.6
10	완제 의약품 제조업	305	37002	1.7	169	73	0.37	1.56	0.0001	86.31	0.0000	0.0000	8.9
11	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	551	9531	1.0	76	49	0.38	2.30	0.0000	31.34	0.0000	0.0000	16.1
12	숨 및 실 염색 가공업	237	3814	0.8	19	12	0.12	0.41	0.0000	30.05	0.0000	0.0000	1.4
13	생물학적 제제 제조업	84	2043	0.5	1464	26	0.07	0.21	0.0000	41.49	0.0000	0.0000	0.9
14	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	1.0	1376	36	0.09	0.35	0.0000	59.55	0.0000	0.0000	2.0
15	기타 전기 변환장치 제조업	1017	11331	0.5	109	6	0.12	0.19	0.0002	185.43	0.0000	0.0000	0.4

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-49〉 무수프탈산의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세분류)	신재기입*		작업환경측정*		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	26.7	2,526	1138	0.19	0.0000	0.0000	0.0	1	2
2	무기 및 총포탄 제조업	62	6,377	0.5	292	10	4.38	0.0001	0.0000	21.9	2	3
3	플라스틱 창호 제조업	1,517	7,769	0.2	4	5	15.18	0.9164	19.0000	19.6	2	3
4	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4,523	29,302	0.7	2	13	4.31	0.0012	0.0000	18.3	2	3
5	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	18.8	1,891	543	0.20	0.0000	0.0000	0.2	1	2
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	12.2	1,423	372	0.17	0.0000	0.0000	0.3	1	2
7	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8,682	9.0	5,038	574	0.40	0.0000	0.0000	1.2	1	4
8	계면활성제 제조업	292	3,907	9.8	1,274	780	0.05	0.0000	0.0000	0.0	1	2
9	그 외 기타 금속 가공업	11,894	57,148	1.7	26	29	0.83	0.0002	0.0000	4.6	1	4
10	그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업	2,681	21,085	0.5	32	20	0.82	0.0001	0.0000	5.5	1	3
11	기타 반도체 소자 제조업	867	67,811	5.5	59,814	262	0.83	0.0000	0.0000	0.0	1	2
12	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	4.8	1,182	117	0.00	0.0000	0.0000	0.0	1	2
13	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	94	1,163	0.2	7	1	4.10	4.1000	4.1000	4.1	1	3
14	항공기용 부품 제조업	237	10,529	4.3	2,955	493	0.10	0.0000	0.0000	0.0	1	2
15	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	4.0	14,501	62	0.03	0.0000	0.0000	0.0	1	2

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, 노출등급($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), 주요등급: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), 주요지수= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

6) 브롬화메틸

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

브롬화메틸(메틸 브로마이드)에 대한 작업장 노출기준(TWA)으로 1 ppm이 권장된다. 이 값은 피부 및 호흡기 자극 가능성을 최소화하기 위한 것이다. 급격한 용량-반응 관계(약간의 용량 증가로도 큰 효과 변화가 발생) 때문에, 급성 고농도 노출 후 관찰된 폐부종 및 일시적인 신경독성을 방지하기 위해 이 값은 추가적인 보호를 제공해야 합니다. 호흡 보호구를 착용한 근로자들 사이에서 독성을 일으킬 수 있는 양의 피부 흡수가 관찰되었기 때문에 피부 표기가 필요하다. 세 가지 발암성 생물검사에서 설치류의 종양 생성에 대한 음성 결과를 바탕으로 인간 발암성으로 분류할 수 없는 물질(A4)로 분류되었다. 그러나 구조적 유사체인 에틸 브로마이드는 동물에서의 약한 양성 반응을 근거로, 인간과의 관련성이 불확실한 동물 발암성 물질로 분류(A3)된다는 점에 유의해야 한다. 에틸 브로마이드는 덜 강력한 돌연변이 유발 물질이었음에도 불구하고 말이다. 감작성 표기나 단시간 노출기준을 권장할 만한 충분한 자료는 없다.

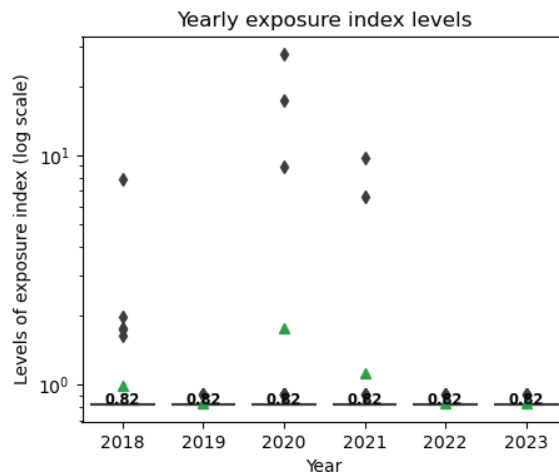
브롬화메틸은 해충 방제의 훈증제 및 산업용 메틸화제로 사용되었다. 냉매와 소화기로도 사용되었으나, 많은 부상 사례와 사망 사례로 인해 이러한 용도는 중단되었다. 미국 직업안전보건연구소(NIOSH)의 조사에 따르면 1981년부터 1983년 사이 약 105,000명의 근로자가 브롬화메틸에 노출된 것으로 추정된다. 직업적 노출의 주요 경로는 흡입이지만, 일부 중독 사례는 피부 노출 후에도 보고되었다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료 총 288건이며, 오류로 판단되는 자료는 없었다. 불검출 자료는 278건(96.5%)이었다. 훈증작업으로 5분간 평가한 자료가 52건 있었으며, 한 개

사업장이고, 측정값은 모두 불검출이었다. 또한, 56건은 4시간 미만 동안 측정된 자료였고, 180건은 6시간 이상 측정한 자료였다.

연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 연간 약 1,000건이 측정되었다. 불검출 값을 대체한 노출지수(EI)가 0.82%였으며, 대체된 값에 의해서 통계값이 큰 영향을 받았다. 연도별 측정현황에서 불검출값만 있는 경우에는 모두 통계값을 삭제하였으나, 업종별 분석에서는 불검출값만 있더라도 포함시켜서 표기하였다. 브롬화메틸이 평가된 세세업종은 10개였다.



[그림 III-6] 브롬화메틸의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

대부분 훈증, 방역 또는 소독을 대상으로 평가되었으며, 소독구충 및 방제 서비스업 및 냉장및냉동창고업에서 측정건수가 많았다. 업종별 기하평균은 최대 1.64%였으며, 95% tile의 최대는 9.5% 였다. 전체업종에서 최대 노출 지수는 27.7% 였다.

업종별 주요 지수는 -1.06~2.57 이었다. 주요 등급은 3등급 2개 업종, 2등급 3개 업종, 1등급 5개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 모두 1등급이었다.

〈표 III-50〉 브롬화메틸의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	65	60	92.3	0.99	0.90	0.89	1.4	0.82	0.82	7.92	1.7200
2019	55	55	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	56	53	94.6	1.76	4.29	0.98	2.0	0.82	0.82	27.67	2.9083
2021	49	47	95.9	1.13	1.51	0.90	1.6	0.82	0.82	9.80	0.9111
2022	33	33	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-
2023	30	30	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	288	278	96.5	1.10	2.05	0.88	1.5	0.82	0.82	27.67	0.9111

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-51〉 브롬화메틸의 측정건수 상위 10 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	소독, 구충 및 방제 서비스업	2750	11874	6.7	52	75	1.13	2.02	0.89	1.52	0.82	0.82	17.4	0.91	1.77
2	냉장 및 냉동 창고업	384	4631	0.7	29	72	0.82		0.82	1.00	0.82	0.82	0.8	0.82	0.82
3	기타 보관 및 창고업	544	6296	0.5	9	36	1.15	1.20	0.98	1.53	0.82	0.82	7.9	1.82	1.97
4	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	1.7	51	30	1.74	4.90	0.95	1.87	0.82	0.82	27.7	0.91	2.67
5	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업	5381	45744	1.8	23	25	0.83	0.03	0.83	1.03	0.82	0.82	0.9	0.89	0.87
6	농산물건조선택별및기타수확후서 비스업	228	1946	0.8	22	24	0.82		0.82	1.00	0.82	0.82	0.8	0.82	0.82
7	지정 외 폐기물 수집, 운반업	2353	28800	1.0	6	12	0.82		0.82	1.00	0.82	0.82	0.8	0.82	0.82
8	건축물 일반 청소업	23398	170628	1.0	6	7	3.26	4.17	1.64	3.00	0.82	0.82	9.8	9.53	10.02
9	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	2079	26484	0.5	13	6	0.82		0.82	1.00	0.82	0.82	0.8	0.82	0.82
10	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1535	27006	0.2	68	1	0.82		0.82	1.00	0.82	0.82	0.8	0.82	0.82

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-52〉 브롬화메틸의 주요 업종 (중요업종지수 상위 10개 업종)

연번	업종명 (세분류)	산재가입*		작업환경측정*		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수	n	AM	GM	Med			
1	건축물 일반 청소업	23,398	170,628	1.0	6	7	3.3	1.64	0.82	9.5	1	3 2.573
2	소독, 구충 및 방제 서비스업	2,750	11,874	6.7	52	75	1.1	0.89	0.82	0.9	1	2 2.406
3	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업	5,381	45,744	1.8	23	25	0.8	0.83	0.82	0.9	1	2 -0.15
4	물질 성분 검사 및 분석업	971	15,116	1.7	51	30	1.7	0.95	0.82	0.9	1	2 -0.24
5	기타 보관 및 창고업	544	6,296	0.5	9	36	1.1	0.98	0.82	1.8	1	3 -0.52
6	지정 외 폐기물 수집, 운반업	2,353	28,800	1.0	6	12	0.8	0.82	0.82	0.8	1	1 -0.62
7	농산물건조선별및기타수확후서비스업	228	1,946	0.8	22	24	0.8	0.82	0.82	0.8	1	1 -0.71
8	냉장 및 냉동 창고업	384	4,631	0.7	29	72	0.8	0.82	0.82	0.8	1	1 -0.8
9	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	2,079	26,484	0.5	13	6	0.8	0.82	0.82	0.8	1	1 -0.88
10	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1,535	27,006	0.2	68	1	0.8	0.82	0.82	0.8	1	1 -1.06

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

7) 스티렌

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

스티렌 모노머에 대한 작업장 노출 기준으로 TLV-TWA(시간 가중 평균 노출 기준) 20 ppm과 TLV-STEL 40 ppm이 권장된다. 이 값들은 중추 및 말초 신경계 효과, 점막 및 호흡기 자극 가능성을 최소화하기 위한 것이다. 스티렌의 중추 신경계(CNS) 효과로는 색 시각 및 고주파 청각 결핍이 보고되었다. 현재까지 스티렌 노출이 과다 발암 위험을 나타내는 역학적 증거나 동물 생물 검사 자료는 발표되지 않았다. 따라서 인간 발암성으로 분류할 수 없는 화합물(A4)로 분류되었다. 피부 또는 감작성 표기를 위한 충분한 자료는 없다. 스티렌은 생물학적 노출지표가 권장되는 물질이다.

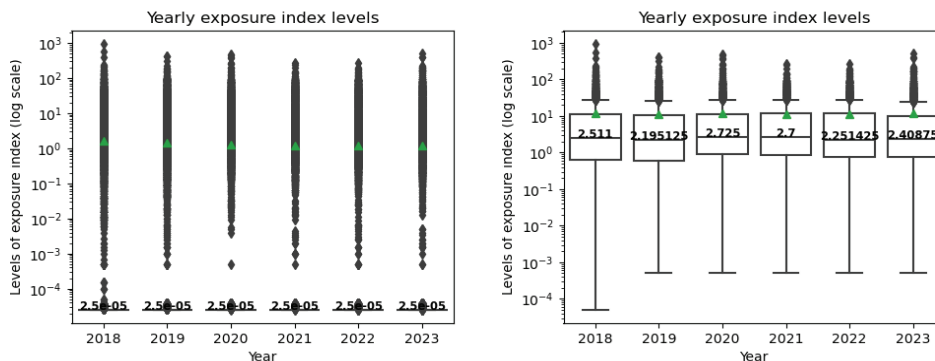
스티렌은 에틸벤젠의 촉매 탈수소화 과정을 통해 생산되며, 주로 다음과 같은 용도로 널리 사용된다: 폴리스티렌 플라스틱 제조, 보호 코팅, 스티레이트 폴리에스터, 아크릴로니트릴 및 부타디엔 공중합 수지, 화학 중간체, 스티렌-부타디엔 고무. 미국에서의 연간 스티렌 생산량은 1990년부터 1993년 사이에 4.0~5.3 백만 톤이었습니다. 1993년 전 세계적인 총 생산 능력은 17.8 백만 톤이었습니다. 미국 직업안전보건연구소(NIOSH)에 따르면, 1,000개의 공장에서 약 3만 명의 미국 근로자가 매일 스티렌에 노출되고, 20,000개 공장에서 약 30만 명의 근로자가 스티렌을 함유한 물질에 매일 노출된다. 폐쇄 시스템 기술이 모노머 및 공중합 수지 생산에서 근로자 노출을 제한하여 전 시간 TWA 값이 일반적으로 10 ppm 미만으로 유지되었다. 그러나 강화플라스틱을 제조하는 개방된 작업(보트, 욕조 및 샤워 스테리, 트럭 캠퍼 쉘 제조 등)에서는 액상 스티렌과 수지에 직접적인 경피 및 호흡 노출이 발생할 수 있다. 이러한 공장에서의 평균 TWA 값은 40~100 ppm이며, 개별 TWA 측정치는 150~300 ppm까지 있었고, 5~15분 동안의 측정에서는 1,000~1,500 ppm까지 보고되었다. 수평 흐름 환기 시스템의 개선으로 플라스틱 보트 부품의 수동 코팅(충화) 공정에서의 스티렌 TWA 농도는 4.7~11 ppm으로 감소되었다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 123,937건이며, 물질명 오류 6건과 노출기준 불인정 (TWA 인정범위:13.3~20 ppm) 자료 124건, 횡수조정 11건, 1시간 미만으로 평가한 값 35건은 삭제하였다. 총 유효 자료수는 123,763건이었으며, TWA 평가자료는 123,315건, STEL 평가자료는 448건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 109,405건(88.7%), STEL 자료에서 255건(56.9%)이었다. TWA 평가값이 20 ppm을 초과하는 값은 110건이었으며, 적층, 함침, FRP, 배합/경화, 접착 등의 공정이었다.

스티렌의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 88.7% 였다. 산술 평균 노출지수는 1.12%였으며, 기하평균은 0.0001% 였다. 매년 노출기준을 초과하는 값들이 있었으나, 95% tile은 6% 미만으로 낮았다.

비모수검정(Kruskal-wallis) 에서는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었으며 ($p<0.001$), 2018년과 2019년 노출지수가 2021~2023년 노출지수에 비해서 낮았으며, 2018년 노출지수는 2020년 노출지수보다 낮았다($p<0.05$).



[그림 Ⅲ-7] 스티렌의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종은 기하평균 노출지수가 0.01%미만 이었다. 최대 노출지수가 100을 초과하는 업종이 6개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종에서 최대 기하평균은 37% 수준이었다. 측정 건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었으며, 이들 업종에서는 한두개의 높은 측정값이 기하평균에 크게 영향을 미치면서 포함되었을 것으로 판단된다.

95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% tile은 64~92% 수준이었으며, 100%를 초과하는 업종은 없었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.27~20.97이었다. 주요 등급은 4등급 3개 업종, 3등급 10개 업종, 2등급 2개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 3등급이었으며, 1등급이 2개 었다.

〈표 III-53〉 스티렌의 연도별 측정현황

연도	불검출		노출지수(EI, %)							
	총시료수	시료수 (%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	17965	15487 86.2	1.66	12.47	0.0001	55.2	0.0000	0.0000	936.10	5.41
2019	20447	17777 86.9	1.48	9.55	0.0001	49.9	0.0000	0.0000	407.07	4.25
2020	20910	18671 89.3	1.28	9.80	0.0001	38.9	0.0000	0.0000	475.34	3.22
2021	20840	18671 89.6	1.18	7.51	0.0001	37.1	0.0000	0.0000	264.96	2.96
2022	21575	19379 89.8	1.17	7.68	0.0001	34.6	0.0000	0.0000	271.72	2.36
2023	21578	19420 90.0	1.16	9.30	0.0001	33.6	0.0000	0.0000	502.51	2.41
합계	123315	109405 88.7	1.31	9.44	0.0001	40.7	0.0000	0.0000	936.10	3.30

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-54〉스티렌의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재기업※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	자동차 종합 수리업	7841	46581	2775.8	37430	43931	0.16	1.16	0.0001	16.63	0.0000	0.0000	55.5	0.57	0.0057
2	자동차 전문 수리업	9354	26752	512.0	5740	7254	0.24	1.22	0.0001	28.63	0.0000	0.0000	24.9	1.31	0.0203
3	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	109.2	9946	6530	2.04	15.03	0.0001	51.75	0.0000	0.0000	554.2	8.16	0.0688
4	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	26.0	7254	4640	0.01	0.14	0.0000	2.17	0.0000	0.0000	3.3	0.00	0.0001
5	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	55.7	4715	4321	0.42	2.52	0.0001	31.57	0.0000	0.0000	44.2	1.51	0.0255
6	강선 건조업	2596	76573	16.7	49102	3561	0.50	4.20	0.0000	10.64	0.0000	0.0000	99.9	0.00	0.0020
7	계면활성제 제조업	292	3907	28.5	2388	2626	0.45	2.01	0.0003	80.54	0.0000	0.0000	43.5	2.24	0.3620
8	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8066	57750	126.0	3507	2407	5.70	18.24	0.0005	223.07	0.0000	0.0000	194.5	41.93	3.7849
9	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	62.2	3658	2099	2.76	10.10	0.0002	116.44	0.0000	0.0000	97.4	19.58	0.5711
10	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57184	18.2	233802	1908	0.28	2.04	0.0001	24.77	0.0000	0.0000	30.4	0.46	0.0149
11	선박 구성 부품물 제조업	3256	52409	27.2	28413	1568	2.47	12.43	0.0002	82.57	0.0000	0.0000	222.3	10.01	0.2375
12	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	72.8	5253	1452	4.12	18.47	0.0003	136.79	0.0000	0.0000	387.4	26.59	0.8803
13	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	1336	15648	48.2	1164	1100	12.45	27.51	0.0070	695.62	0.0000	0.0000	311.9	61.48	330.7938
14	접착제 및 젤라틴 제조업	490	5391	38.8	1000	1048	0.21	1.62	0.0001	21.84	0.0000	0.0000	45.4	1.08	0.0106
15	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	63.7	1026	1034	2.06	10.80	0.0002	89.94	0.0000	0.0000	135.7	7.13	0.3420

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-55〉스티렌의 기하평균 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	하수 처리업	222	3659	0.3	3	8	44.57	29.00	37.32	1.82	37.63	13.5845	93.0	90.51	99.6
2	합금철 제조업	78	1320	0.8	30	60	35.47	22.29	23.46	6.53	30.80	0.0000	82.2	79.71	514.6
3	플라스틱 시트 및 판 제조업	75	560	2.0	101	67	45.20	28.08	22.32	13.74	40.77	0.0000	99.5	92.63	1661.9
4	기타 신발 제조업	498	5163	0.5	5	6	23.92	21.67	14.32	3.15	18.19	2.3380	55.8	52.96	94.3
5	가전제품 수리업	2001	18787	0.2	2	2	6.96	2.79	6.67	1.34	6.96	4.9800	8.9	8.73	10.8
6	구름베어링 제조업	311	6614	0.2	6	2	5.69	1.03	5.65	1.14	5.69	4.9670	6.4	6.35	7.0
7	의복 액세서리 및 모조 장신구 소매업	626	918	0.7	3	8	33.35	35.52	3.49	107.45	25.59	0.0000	89.8	87.08	7648.4
8	코르크 및 조물 제품 제조업	67	211	0.2	1	2	3.41	0.81	3.37	1.19	3.41	2.8405	4.0	3.93	4.5
9	생활용 유리·요업·목재·금속 제품 및 날붙이 도매업	1570	6490	1.0	7	18	18.59	24.99	1.57	149.46	9.32	0.0000	101.6	58.26	5936.2
10	단추 및 유사 파스너 제조업	350	1894	2.7	74	64	28.38	37.96	1.40	186.87	12.80	0.0000	179.5	89.39	7610.4
11	기타 건축용 비내화 요업제품 제조업	58	379	0.3	1	5	18.64	19.91	1.03	223.45	14.09	0.0000	47.6	43.93	7501.5
12	부정형 내화 요업제품 제조업	311	4326	2.7	290	43	19.37	23.56	0.77	220.77	7.54	0.0000	81.4	64.93	5519.3
13	기타 일반 도자기 제조업	199	724	1.0	2	9	14.43	13.75	0.19	585.99	21.12	0.0000	35.6	31.48	6943.4
14	금속 표시판 제조업	302	1315	0.2	3	1	0.15		0.15	1.00	0.15	0.1530	0.2	0.15	0.2
15	위생용 및 산업용 도자기 제조업	235	3714	7.2	57	104	18.29	26.23	0.15	553.04	6.04	0.0000	95.7	79.10	4873.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-56〉스티렌의 95%tile 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	플라스틱 시트 및 판 제조업	75	560	2.0	101	67	45.20	28.08	22.32	13.7	40.77	0.0000	99.5	92.63	1661.9
2	하수 처리업	222	3659	0.3	3	8	44.57	29.00	37.32	1.8	37.63	13.5845	93.0	90.51	99.6
3	단추 및 유사 파스너 제조업	350	1894	2.7	74	64	28.38	37.96	1.40	186.9	12.80	0.0000	179.5	89.39	7610.4
4	의복 액세서리 및 모조 장신구 소매업	626	918	0.7	3	8	33.35	35.52	3.49	107.4	25.59	0.0000	89.8	87.08	7648.4
5	합금철 제조업	78	1320	0.8	30	60	35.47	22.29	23.46	6.5	30.80	0.0000	82.2	79.71	514.6
6	위생용 및 산업용 도자기 제조업	235	3714	7.2	57	104	18.29	26.23	0.15	553.0	6.04	0.0000	95.7	79.10	4873.0
7	기타 광학 기기 제조업	380	4791	1.8	47	23	16.46	30.55	0.00	672.9	0.00	0.0000	90.3	76.13	98.2
8	환경설비 건설업	932	6626	3.2	752	157	15.79	43.69	0.00	599.5	0.00	0.0000	365.7	75.83	80.3
9	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	763	7777	18.0	342	368	20.65	60.98	0.05	756.6	2.34	0.0000	936.1	73.49	2673.1
10	설치용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	353	2674	14.3	163	247	13.96	22.44	0.04	668.6	0.97	0.0000	105.6	68.78	1581.1
11	기타 약기 제조업	143	653	1.8	56	36	21.19	29.63	0.01	1182.4	0.00	0.0000	92.6	68.68	797.2
12	금속 탱크 및 저장 용기 제조업	780	5351	9.8	504	150	11.98	24.76	0.00	692.5	0.00	0.0000	153.2	66.22	207.9
13	기타 석제품 제조업	1203	4621	4.3	21	41	12.45	22.17	0.03	626.3	0.45	0.0000	91.2	65.08	1267.9
14	부정형 내화 요업제품 제조업	311	4326	2.7	290	43	19.37	23.56	0.77	220.8	7.54	0.0000	81.4	64.93	5519.3
15	플라스틱 혼합제품 제조업	12	328	0.2	1	4	25.45	33.17	0.03	1382.5	16.03	0.0000	69.7	64.10	5043.6

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-57〉 스티렌의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	2,775.8	37,430	43931	0.16	0.0001	0.0000	0.6	1	2	20.97
2	플라스틱 시트 및 판 제조업	75	560	2.0	101	67	45.20	22.3158	40.7675	92.6	3	3	4.70
3	하수 처리업	222	3,659	0.3	3	8	44.57	37.3249	37.6338	90.5	3	3	4.57
4	단추 및 유사 파스너 제조업	350	1,894	2.7	74	64	28.38	1.3955	12.7975	89.4	3	3	4.52
5	의복 액세서리 및 모조 장신구 소매업	626	918	0.7	3	8	33.35	3.4855	25.5911	87.1	3	3	4.38
6	위생용 및 산업용 도자기 제조업	235	3,714	7.2	57	104	18.29	0.1500	6.0446	79.1	3	3	3.98
7	합금철 제조업	78	1,320	0.8	30	60	35.47	23.4649	30.8043	79.7	3	3	3.96
8	기타 광학 기기 제조업	380	4,791	1.8	47	23	16.46	0.0022	0.0000	76.1	3	3	3.77
9	환경설비 건설업	932	6,626	3.2	752	157	15.79	0.0022	0.0000	75.8	3	3	3.76
10	플라스틱 직충, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	763	7,777	18.0	342	368	20.65	0.0491	2.3360	73.5	3	4	3.74
11	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	512.0	5,740	7254	0.24	0.0001	0.0000	1.3	1	2	3.47
12	설치용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	353	2,674	14.3	163	247	13.96	0.0356	0.9675	68.8	3	4	3.44
13	기타 악기 제조업	143	653	1.8	56	36	21.19	0.0070	0.0000	68.7	3	3	3.34
14	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	1,336	15,648	48.2	1,164	1100	12.45	0.0070	0.0000	61.5	3	4	3.29
15	금속 탱크 및 저장 용기 제조업	780	5,351	9.8	504	150	11.98	0.0044	0.0000	66.2	3	3	3.27

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

8) 시클로헥사논

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

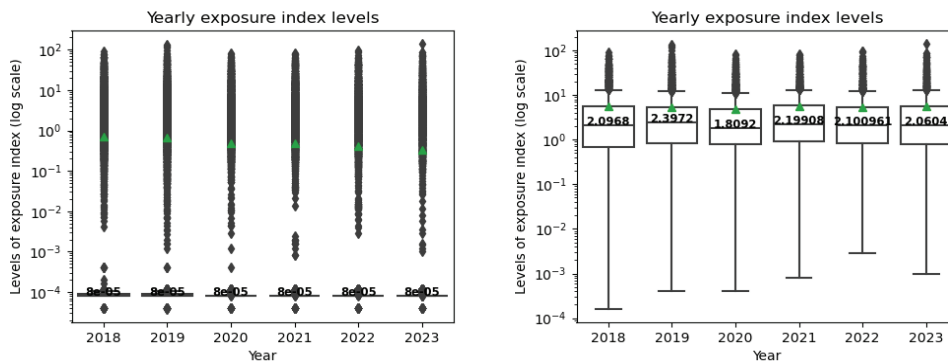
시클로헥사논은 중추신경계에 대한 억제 효과와 고농도에서의 마취 특성으로 알려진 유기 용매이다. 점막, 눈, 피부에 자극을 일으킨다. 시간가중 노출기준(TWA) 20 ppm과 단시간 노출기준 50ppm이 권고된다. 이 값은 눈과 점막(코, 목)의 잠재적인 자극과 중추신경계 영향 및 간과 신장에 미치는 영향을 줄이기 위한 것이다. 피부 LD50 자료에 근거하여 피부 표기가 적용된다. 2년 동안 식수에 넣은 시클로헥사논을 쥐와 생쥐에게 투여한 발암성 연구결과를 바탕으로 인간에서 발암성이 확인되지 않은 물질(A3)로 분류되었다. 감작성을 지정하기에는 데이터가 충분하지 않았다.

시클로헥사논은 주로 나일론 제조를 위한 아디프산(adipic acid)의 합성을 위해 사용된다. 또한, 살충제, 페인트, 페인트/바니쉬 제거제, 천연고무, 비닐 고무, 섬유, 피혁산업에서 용제로 사용된다. 다른 특별한 용도로는 의료용 등 PVC 플라스틱의 접착과 실링용 용제로 사용되는 것이다. 비디오 테이프 제조공장에서 산화철 가루의 운반용 용제로 사용되기도 하였다. 미국의 국가 직업노출 조사에 따르면, 1981년에서 1983년 사이에 약 33만 명의 근로자가 시클로헥사논에 잠재적으로 노출되었다. Samimi 등의 연구에서, 종이 및 비닐 벽 코팅을 제조하는 공장에서 개인 노출(TWA)이 0.4~1.1 ppm(평균 0.7 ppm) 사이였다. Chia 등은 비디오 테이프 제조 시설에서 개인 TWA 노출이 0.3~17.2 ppm 사이임을 보고하였다. Ong 등은 플라스틱 백을 인쇄하는 공장에서 개인의 TWA 노출이 0.5~10 ppm 사이였으며, 이 공정에서 시클로헥사논이 인쇄 잉크의 주요 용매로 사용되었다. Mitran 등은 가구 제조 공장에서 개인 TWA 노출이 41~92 ppm 사이였습니다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 123,581건이며, 물질명 오류 3건과 노출기준 불인정 (TWA 인정범위:16.6~25ppm, STEL 50ppm) 자료 208건, 측정위치에서 '횡수조정'으로 표기된 70건 및 TWA 평가자료에서 1시간 미만 평가한 자료 213건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 123,087건이었으며, TWA 평가자료는 122,946건(99.9%), STEL 평가자료는 141건(0.1%) 이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 111,348건(90.6%), STEL 자료에서 137건(97.1%)이었다. TWA 평가값이 노출기준인 25ppm을 초과하는 값은 5건이었으며, 인쇄, 제 판, 절단 공정이었다.

시클로헥사논의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 평균 90.6% 였으며, 불검출율이 높아지는 경향이 있었다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.50%였으며, 기하평균은 0.0002% 였다.



[그림 Ⅲ-8] 시클로헥사논의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.01% 미만이었고 95% tile은 최대 10.85%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 값은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 25%수준 이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 8개가 포함되었으며, 이들 업종에서는 한두개의 높은 측정값이 기하평균에 크게 영향을 미치면서 포함되었을 것으로 판단된다.

95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 62% 였고, 100%를 초과하는 업종은 없었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.30~21.74 이었다. 주요 등급은 4등급 3개 업종, 3등급 10개 업종, 2등급 2개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 2등급이었으며, 3등급 1개 업종, 1등급이 2개 업종이었다.

〈표 III-58〉 시클로헥사논의 연도별 측정현황

연도	불검출		노출지수(EI, %)							
	총시료수	시료수 (%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	17831	15605 87.5	0.69	3.79	0.0003	29.2	0.0001	0.0000	92.02	3.07
2019	20431	17867 87.5	0.66	3.86	0.0003	29.7	0.0001	0.0000	133.87	3.29
2020	19754	17813 90.2	0.49	3.06	0.0002	20.7	0.0001	0.0000	81.63	1.76
2021	20386	18633 91.4	0.47	3.09	0.0002	17.9	0.0001	0.0000	81.57	1.69
2022	21871	20147 92.1	0.41	2.95	0.0002	15.7	0.0001	0.0000	96.27	1.35
2023	22814	21420 93.9	0.34	2.86	0.0002	11.6	0.0001	0.0000	140.68	0.56
합계	123087	111485 90.6	0.50	3.27	0.0002	19.8	0.0001	0.0000	140.68	1.92

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III -59〉 시클로헤사논의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	자동차 종합 수리업	7841	46581	1278.2	16861	19916	0.16	1.10	0.0001	9.16	0.0001	0.0001	38.5	0.11	0.0051
2	강선 건조업	2596	76573	23.5	63609	5951	0.18	2.08	0.0001	7.50	0.0001	0.0001	93.2	0.00	0.0033
3	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	65.3	4464	5390	0.38	1.94	0.0003	29.32	0.0001	0.0000	40.9	1.95	0.0835
4	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	19.5	142107	4403	0.01	0.24	0.0001	2.08	0.0001	0.0000	7.4	0.00	0.0003
5	원유 정제처리업	47	5043	3.0	4523	3720	0.01	0.13	0.0001	1.75	0.0001	0.0001	5.3	0.00	0.0002
6	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	150.0	3289	2982	0.33	1.82	0.0003	25.86	0.0001	0.0001	53.1	1.87	0.0607
7	자동차 전문 수리업	9354	26752	208.2	2559	2957	0.26	1.30	0.0002	18.07	0.0001	0.0001	40.2	1.93	0.0236
8	계면활성제 제조업	292	3907	20.8	2211	2934	0.46	2.00	0.0005	42.11	0.0001	0.0000	45.9	2.39	0.2209
9	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4427	71377	108.2	11997	2718	0.18	1.19	0.0002	12.20	0.0001	0.0000	32.1	0.78	0.0107
10	항공기용 부품 제조업	237	10529	27.3	7145	2605	0.09	0.59	0.0002	10.27	0.0001	0.0001	10.9	0.43	0.0074
11	기타 인쇄업	5377	35293	123.2	2889	2510	2.02	6.57	0.0018	120.35	0.0001	0.0001	81.6	10.85	4.7184
12	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	90.5	26669	2395	1.23	5.12	0.0005	54.89	0.0001	0.0001	72.5	6.68	0.3883
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	45.7	7218	2373	0.08	0.94	0.0001	5.09	0.0001	0.0001	32.6	0.00	0.0016
14	아파트 건설업	3082	330427	110.7	33587	2319	0.01	0.20	0.0001	2.30	0.0001	0.0001	5.1	0.00	0.0003
15	선박 구성 부품품 제조업	3256	52409	30.5	31713	2174	0.36	2.30	0.0002	14.87	0.0001	0.0001	46.4	1.30	0.0146

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-60〉 시클로헥사논의 기하평균 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입*		작업환경측정*		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	기타 조명장치 제조업	740	5498	0.7	12	10	31.49	21.34	25.07	1.99	25.12	10.4870	69.9
2	운동 및 경기용품 도매업	1993	7645	0.2	1	1	15.49		15.49	1.00	15.49	15.4928	15.5
3	섬유 원단, 실 및 기타 섬유제품 소매업	2580	8358	1.0	25	18	10.02	13.71	5.86	2.63	4.58	1.4280	59.3
4	섬유제품 기타 정리 및 미무리 가공업	1025	7819	0.5	6	4	6.48	5.28	5.24	1.86	4.34	2.9880	14.2
5	생활용 유리·오염·목재·금속 제품 및 날붙이 도매업	1570	6490	0.2	2	2	2.69	0.63	2.65	1.18	2.69	2.2432	3.1
6	면직물 직조업	307	2293	1.0	48	6	10.29	10.76	1.01	81.29	8.70	0.0001	26.1
7	인쇄용 및 필기용 원지 제조업	88	3057	1.3	127	16	12.09	10.48	0.66	188.43	10.31	0.0001	29.3
8	안경 및 렌즈 소매업	5321	10282	0.3	7	4	15.44	20.33	0.49	186.39	9.12	0.0001	43.5
9	숨 및 실 염색 가공업	237	3814	0.3	0	2	0.37	0.17	0.35	1.40	0.37	0.2520	0.5
10	커튼 및 유사 제품 제조업	513	2914	0.8	40	12	6.47	8.42	0.28	129.81	2.56	0.0001	26.0
11	기타 편조 의복 액세서리 제조업	192	843	0.3	9	6	11.24	10.34	0.27	313.26	12.23	0.0001	24.2
12	광고물 문안, 도안, 설계 등 작성업	2074	6633	1.0	6	14	5.62	5.84	0.21	163.46	3.32	0.0001	15.1
13	방송장비 제조업	1051	23434	2.8	467	50	12.89	18.56	0.20	274.26	4.41	0.0001	79.6
14	가정용 유리제품 제조업	68	607	0.5	21	8	2.09	1.81	0.18	89.19	1.64	0.0001	4.3
15	연성 및 기타 인쇄회로기판 제조업	139	759	1.5	15	22	6.70	7.38	0.12	263.19	5.00	0.0001	22.0
													20.03
													1139.3

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-61〉 시클로해사논의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		n	노출지수(EI, %)								
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수		AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	기타 조명장치 제조업	740	5498	0.7	12	10	31.49	21.34	25.0674	1.99	25.1228	10.4870	69.9	62.39	78.0
2	방송장비 제조업	1051	23434	2.8	467	50	12.89	18.56	0.1951	274.26	4.4064	0.0001	79.6	44.67	1999.6
3	안경 및 렌즈 소매업	5321	10282	0.3	7	4	15.44	20.33	0.4903	186.39	9.1236	0.0001	43.5	39.59	2662.7
4	금속 표시판 제조업	302	1315	3.3	45	28	3.75	11.25	0.0023	135.75	0.0001	0.0001	43.3	31.29	7.3
5	종이 포대 및 가방 제조업	309	2813	0.3	17	6	6.85	15.84	0.0038	254.66	0.0001	0.0001	39.1	29.85	34.8
6	날염 가공업	317	2551	3.5	21	48	4.15	10.33	0.0159	176.67	0.1905	0.0001	48.6	29.53	79.3
7	인쇄용 및 필기용 원지 제조업	88	3057	1.3	127	16	12.09	10.48	0.6603	188.43	10.3108	0.0001	29.3	28.24	3651.0
8	카펫, 마루덮개 및 유사 제품 제조업	182	2770	1.0	283	63	6.78	12.69	0.0808	147.79	0.3480	0.0001	62.5	28.14	299.6
9	섬유 원단, 실 및 기타 섬유제품 소매업	2580	8358	1.0	25	18	10.02	13.71	5.8643	2.63	4.5820	1.4280	59.3	27.73	28.8
10	전자코일, 변성기 및 기타 전자 유도자 제조업	179	1853	2.5	200	63	4.67	8.47	0.0043	240.26	0.0001	0.0001	34.8	25.16	35.6
11	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	1336	15648	11.8	525	192	3.18	8.24	0.0025	157.11	0.0001	0.0000	44.7	24.90	10.2
12	면직물 직조업	307	2293	1.0	48	6	10.29	10.76	1.0110	81.29	8.7030	0.0001	26.1	23.94	1401.9
13	스크린 인쇄업	903	4909	91.2	1454	1653	4.64	10.63	0.0173	245.37	0.0001	0.0001	140.7	23.11	148.0
14	기타 편조 의복 액세서리 제조업	192	843	0.3	9	6	11.24	10.34	0.2660	313.26	12.2272	0.0001	24.2	22.86	3394.1
15	기타 1차 비철금속 제조업	146	1583	0.8	2	10	3.91	11.20	0.0009	117.61	0.0001	0.0001	35.6	21.18	2.2

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-62〉 시클로해사논의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	1278.2	16,861	19916	0.16	0.0001	0.0001	0.1	2	21.74
2	기타 조명장치 제조업	740	5,498	0.7	12	10	31.49	25.0674	25.1228	62.4	3	9.29
3	방송장비 제조업	1,051	23,434	2.8	467	50	12.89	0.1951	4.4064	44.7	2	6.54
4	안경 및 렌즈 소매업	5,321	10,282	0.3	7	4	15.44	0.4903	9.1236	39.6	2	5.69
5	스크린 인쇄업	903	4,909	91.2	1,454	1653	4.64	0.0173	0.0001	23.1	2	4.67
6	금속 표시판 제조업	302	1,315	3.3	45	28	3.75	0.0023	0.0001	31.3	2	4.43
7	날염 가공업	317	2,551	3.5	21	48	4.15	0.0159	0.1905	29.5	2	4.16
8	종이 포대 및 가방 제조업	309	2,813	0.3	17	6	6.85	0.0038	0.0001	29.8	2	4.15
9	인쇄용 및 필기용 원지 제조업	88	3,057	1.3	127	16	12.09	0.6603	10.3108	28.2	2	3.92
10	카펫, 마루덮개 및 유사 제품 제조업	182	2,770	1.0	283	63	6.78	0.0808	0.3480	28.1	2	3.90
11	섬유 원단, 실 및 기타 섬유제품 소매업	2,580	8,358	1.0	25	18	10.02	5.8643	4.5820	27.7	2	3.83
12	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	1,336	15,648	11.8	525	192	3.18	0.0025	0.0001	24.9	2	4
13	전자코일, 변성기 및 기타 전자 유도자 제조업	179	1,853	2.5	200	63	4.67	0.0043	0.0001	25.2	2	3.45
14	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	208.2	2,559	2957	0.26	0.0002	0.0001	1.9	1	2
15	기타 인쇄업	5,377	35,293	123.2	2,889	2510	2.02	0.0018	0.0001	10.9	2	4

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

9) 시클로헥산

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

시클로헥산은 다른 알리시클릭 탄화수소와 마찬가지로 중추 신경계(CNS) 억제제로 작용하며, 높은 노출 수준에서 두통, 어지러움, 마취 작용 및 사망을 유발할 수 있다. 최근의 동물 연구에서는 제어된 노출 수준에서 시클로헥산의 급성 및 부분 만성 독성이 낮음을 보여주었다. 쥐들에게 14주 동안 노출된 경우, 2,000 ppm에서 약한 진정 작용이 나타나며, 7,000 ppm에서는 간과 혈액 화학의 소량 변화가 나타났다. 생리학적 기반 약리동태 모델에 따르면, 시클로헥산은 인간에서 1,200 ppm에서 진정 작용을 일으키지 않을 것으로 추정되었다. 250 ppm의 시클로헥산에 노출된 자원봉사자들에 대한 인간 흡입 노출 연구에서는 신경행동 검사에 영향을 미치지 않았지만, 대다수의 참여자가 두통과 마른 목 같은 경미한 증상을 보고했다. 시클로헥산 노출과 인간 CNS 증상에 대한 불확실성과 정보의 불완전성을 고려하여, 시클로헥산에 대해 TWA 값으로 100 ppm이 권장된다. 이 값은 진정 작용이나 신경행동 효과 및 전신 독성의 잠재적 위험을 최소화해야 한다. 피부가 전신 독성의 중요한 경로로 작용할 증거는 없다. 따라서 피부 표기는 할당되지 않았다. 마찬가지로, 사이클로헥산이 감작물질인 증거도 없습니다. 발암성 표기나 STEL 권장을 위한 자료는 충분하지 않다.

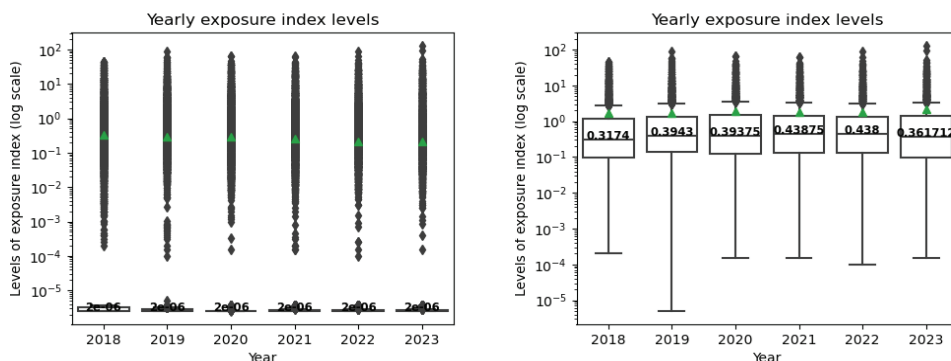
미국 국립 독성학 프로그램(NTP)에 따르면, 시클로헥산은 셀룰로스 에테르, 락커, 수지, 지방, 왁스, 기름, 아스팔트, 그리고 천연 고무를 용해시키는 용매로 사용된다. 또한 향수 제조, 표면 코팅 작업(라커), 나이론 생산을 위한 아디픽 산 및 카프로락탐 합성, 페인트 및 도료 제거제, 향료 추출, 분자량 측정을 위한 분석 화학, 아디픽 산, 벤젠, 시클로헥실 염화물, 니트로시클로헥산, 시클로헥산을 및 시클로헥사논의 제조에 사용된다. 기타 사용처로는 캠프 스토브를 위한 고체 연료 제조, 항균 작용을 조금 가지고 있는 항균제 조성물, 스테로이드의 산업용 재결정, 유기 합성, 유리 대체물 재결정 매질, 분석 화학, 접착제 제조

등이 있다. 가죽 제조 산업에서의 직업적 노출 측정은 시클로헥산이 더 독성이 큰 벤젠을 대신하여 접착제용 용매로 사용되는 곳에서 이루어 진바 있다. 이탈리아 신발 공장 52곳을 조사한 결과, 호흡 구역 농도는 <15~146 ppm 까지 범위를 보였으며, 최빈값은 58 ppm이었다. 일본의 한 신발 공장 조사에서 개인 샘플 100개의 기하평균은 18 ppm이었고, 측정된 최대 농도는 274 ppm이었다. 또 다른 일본의 한 가방 공장 조사에서는 겨울철 시클로헥산 노출의 기하평균이 77 ppm(범위: 6~720 ppm)이었으며, 여름철에는 창문을 열어 환기가 더 잘 되었기 때문에 28 ppm(범위: 5~211 ppm)이었다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 87,679건이며, 물질명 오류 4건과 노출기준 불인정 (TWA 인정범위:133~200 ppm) 자료 93건, 횡수조정 185건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 42건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 87,355건이었으며, 불검출 값은 74,844건(85.7%)이었다.

시클로헥산의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 865.7% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.26%였으며, 기하평균은 0.0001% 미만이었다. 불검출값을 대체한 값은 0.0000025% 수준이었다.



[그림 III-9] 시클로헥산의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.001% 미만이었고, 95% tile은 최대 7.23%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 값은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 25%수준 이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 12개가 포함되었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 26.65% 였고, 100%를 초과하는 업종은 없었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.10~21.45 이었다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 6개 업종, 2등급 1개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 2등급이었으며, 1등급이 5개 업종이었다.

〈표 III-63〉 시클로hex산의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	12175	9818	80.6	0.33	2.08	0.0000	111.6	0.0000	0.0000	44.97	1.11
2019	14177	11802	83.2	0.29	1.99	0.0000	94.3	0.0000	0.0000	87.19	1.00
2020	14573	12412	85.2	0.29	2.01	0.0000	75.4	0.0000	0.0000	65.48	0.95
2021	14417	12340	85.6	0.26	1.83	0.0000	71.6	0.0000	0.0000	62.70	0.88
2022	16068	14129	87.9	0.22	1.78	0.0000	52.2	0.0000	0.0000	88.85	0.63
2023	15945	14343	90.0	0.21	2.06	0.0000	37.7	0.0000	0.0000	128.38	0.37
합계	87355	74844	85.7	0.26	1.95	0.0000	69.4	0.0000	0.0000	128.38	0.81

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-64〉 시클로hex산의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수										
1	자동차 종합 수리업	7841	46581	651.7	9575	10808	0.03	0.36	0.0000	8.73	0.0000	0.0000	13.1	0.00	0.0001
2	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	35.2	8074	4989	0.03	0.34	0.0000	8.74	0.0000	0.0000	15.0	0.00	0.0001
3	원유 정제처리업	47	5043	8.8	9312	4959	0.00	0.02	0.0000	3.49	0.0000	0.0000	0.8	0.00	0.0000
4	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	131.0	13691	3264	0.68	3.55	0.0001	212.28	0.0000	0.0000	62.1	2.39	0.3604
5	타이어 및 튜브 제조업	152	18626	8.3	11434	2614	0.24	1.40	0.0000	96.19	0.0000	0.0000	37.9	0.81	0.0366
6	강선 건조업	2596	76573	14.5	42269	2597	0.11	0.62	0.0000	62.85	0.0000	0.0000	11.8	0.52	0.0119
7	기타 인쇄업	5377	35293	110.0	4141	2121	1.03	4.84	0.0003	361.54	0.0000	0.0000	88.9	3.87	5.2014
8	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	42.5	7694	2020	0.15	1.37	0.0000	56.84	0.0000	0.0000	52.4	0.56	0.0092
9	기타 선박 건조업	560	6397	8.2	34730	1560	0.02	0.18	0.0000	10.06	0.0000	0.0000	3.7	0.00	0.0002
10	계면활성제 제조업	292	3907	16.0	1713	1519	0.02	0.16	0.0000	14.05	0.0000	0.0000	3.1	0.07	0.0004
11	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	23.5	1781	1472	0.07	0.60	0.0000	28.42	0.0000	0.0000	16.5	0.12	0.0019
12	자동차 차체용 부품 제조업	4296	149959	46.5	7078	1450	1.13	3.54	0.0001	406.05	0.0000	0.0000	36.7	7.23	2.7297
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	50.0	6412	1367	0.14	0.57	0.0000	99.91	0.0000	0.0000	6.8	0.75	0.0457
14	기타 신발 제조업	498	5163	40.8	2360	1331	0.20	0.92	0.0001	199.53	0.0000	0.0000	20.4	0.97	0.5320
15	완제 의약품 제조업	305	37002	31.5	5756	1278	0.03	0.24	0.0000	24.50	0.0000	0.0000	3.9	0.04	0.0015

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-65〉 시클로hex산의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	일반 제재업	555	3640	0.2	8	1	25.34	-	25.34	1.00	25.34	25.3365	25.3
2	무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업	33	519	1.0	49	6	13.62	10.49	8.63	3.06	13.91	1.5380	25.0
3	음·식료품 및 담배 가공기계 제조업	532	3129	0.2	2	4	4.72	5.10	1.69	5.40	4.57	0.2950	9.4
4	플라스틱렌 발포 성형제품 제조업	79	433	0.2	28	6	1.27	0.44	1.21	1.37	1.17	0.7365	2.0
5	가족의복 제조업	96	449	0.7	16	8	1.18	0.51	1.06	1.65	1.37	0.4331	1.7
6	표면처리 및 적층 직물 제조업	101	1176	0.2	1	2	0.96	0.02	0.96	1.02	0.96	0.9431	1.0
7	모터사이클 및 부품 소매업	337	752	0.3	6	4	0.58	0.37	0.51	1.69	0.48	0.2654	1.1
8	기타 생활용 섬유 및 직물 제품 도매업	1099	3321	0.2	18	4	0.32	0.05	0.32	1.16	0.34	0.2505	0.4
9	일반용 전기 조명장치 제조업	1418	6953	0.2	27	2	0.32	0.07	0.32	1.16	0.32	0.2747	0.4
10	전투용 차량 제조업	6	727	0.2	120	1	0.13	-	0.13	1.00	0.13	0.1292	0.1
11	사무용 가구 및 기기 도매업	2133	6669	2.8	62	24	2.92	3.10	0.10	287.97	2.05	0.0000	9.2
12	시계, 귀금속 및 악기 수리업	50	71	0.2	14	1	0.08		0.08	1.00	0.08	0.0835	0.1
13	기타 직물제품 제조업	2069	12268	0.3	13	5	0.73	0.41	0.07	167.35	0.92	0.0000	1.0
14	기타 자동차 부품 및 내장품 판매업	6322	19010	2.3	275	277	3.86	7.89	0.06	330.14	0.57	0.0000	47.7
15	기타 가죽제품 제조업	461	2745	3.3	166	84	2.02	6.33	0.05	140.43	0.34	0.0000	40.5
													8.16
													158.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-66〉 시클로헥산의 95%tile 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	식용 정제유 및 가공유 제조업	105	817	0.8	120	22	3.51	8.36	0.00	631.37	0.00	0.0000	28.5	26.65	3.3
2	일반 제제업	555	3640	0.2	8	1	25.34	-	25.34	1.00	25.34	25.3365	25.3	25.34	25.3
3	무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업	33	519	1.0	49	6	13.62	10.49	8.63	3.06	13.91	1.5380	25.0	25.04	54.2
4	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	8.8	16047	193	2.78	10.93	0.00	265.52	0.00	0.0000	65.5	24.62	0.4
5	기타 자동차 부품 및 내장품 판매업	6322	19010	2.3	275	277	3.86	7.89	0.06	330.14	0.57	0.0000	47.7	21.63	784.2
6	운송장비 조립용 플라스틱제품 제조업	248	2663	1.2	20	15	4.46	10.62	0.00	1381.91	0.00	0.0000	41.4	19.76	326.9
7	소파 및 기타 내장 가구 제조업	585	2943	7.8	212	89	2.92	6.52	0.01	814.54	0.44	0.0000	43.5	14.72	473.5
8	합성고무 제조업	197	3339	6.3	991	870	1.53	4.92	0.00	433.02	0.00	0.0000	40.8	11.09	2.3
9	벽 및 바닥 피복용 플라스틱 제품 제조업	145	2947	2.0	122	90	1.98	4.99	0.02	368.29	0.34	0.0000	35.1	10.93	386.0
10	주방용 및 음식저용 목재 가구 제조업	2126	9519	10.7	222	176	1.44	3.38	0.00	700.59	0.00	0.0000	17.8	10.13	58.2
11	날붙이 제조업	239	2207	2.2	44	44	2.39	8.52	0.00	585.24	0.00	0.0000	41.3	9.76	17.1
12	음·식료품 및 담배 가공기계 제조업	532	3129	0.2	2	4	4.72	5.10	1.69	5.40	4.57	0.2950	9.4	9.35	27.1
13	유선 통신장비 제조업	760	9962	5.5	1001	165	1.02	3.03	0.00	137.51	0.00	0.0000	13.3	9.31	0.1
14	자동차 내장용 부품 전기·전자·정밀기기 판매업	191	320	0.2	42	31	2.05	3.46	0.04	355.96	1.24	0.0000	14.1	9.21	654.3
15	플라스틱 창호 제조업	1517	7769	1.0	21	13	1.57	3.55	0.00	698.54	0.00	0.0000	11.3	8.91	20.9

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-67〉 시클로hex산의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※			노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$			
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	651.7	9,575	10808	0.03	0.0000	0.0000	0.0	1	2	21.45
2	식용 정제유 및 가공유 제조업	105	817	0.8	120	22	3.51	0.0001	0.0000	26.7	2	3	8.22
3	기타 반도체 소자 제조업	867	67,811	8.8	16,047	193	2.78	0.0000	0.0000	24.6	2	4	7.82
4	일반 제재업	555	3,640	0.2	8	1	25.34	25.3365	25.3365	25.3	2	3	7.76
5	무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업	33	519	1.0	49	6	13.62	8.6274	13.9113	25.0	2	3	7.69
6	기타 자동차 부품 및 내장품 판매업	6,322	19,010	2.3	275	277	3.86	0.0564	0.5716	21.6	2	3	6.62
7	운송장비 조립용 플라스틱제품 제조업	248	2,663	1.2	20	15	4.46	0.0022	0.0000	19.8	2	3	5.97
8	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	131.0	13,691	3264	0.68	0.0001	0.0000	2.4	1	4	4.66
9	소파 및 기타 내장 가구 제조업	585	2,943	7.8	212	89	2.92	0.0077	0.4435	14.7	2	4	4.54
10	기타 인쇄업	5,377	35,293	110.0	4,141	2121	1.03	0.0003	0.0000	3.9	1	4	4.44
11	자동차 차체용 부품 제조업	4,296	149,959	46.5	7,078	1450	1.13	0.0001	0.0000	7.2	1	4	3.40
12	합성고무 제조업	197	3,339	6.3	991	870	1.53	0.0001	0.0000	11.1	2	4	3.31
13	그 외 기타 가구 제조업	511	3,387	25.0	516	290	1.91	0.0023	0.0214	8.7	1	4	3.15
14	주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업	2,126	9,519	10.7	222	176	1.44	0.0012	0.0000	10.1	2	4	3.13
15	벽 및 바닥 피복용 플라스틱 제품 제조업	145	2,947	2.0	122	90	1.98	0.0232	0.3363	10.9	2	3	3.10

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수 표준화 후 합산한 값

10) 아닐린

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

아닐린에 대한 직업적 노출을 위해 피부 흡수와 동물에서 혈액의 메테모글로빈 증가가 관찰된 5 ppm에 근거하여, TLV-TWA 값으로 2 ppm과 피부 표기가 권장되었다. 또한, 유사 구조의 화합물인 니트로벤젠에 대한 현재 TLV 문서를 참조하였다. 액체 아닐린과의 접촉을 통한 피부 흡수는 방지해야 한다. 쥐에게는 아닐린 염화물을 먹이로 주었을 때, 혈관기형종 및 비장 및 기타 장기의 섬유사종 및 사종을 유발하는 생물학적 노출 실험 결과를 기반으로, 동물 발암물질로서 인간과의 관련성이 불분명한 물질(A3)로 발암성이 분류되었다. 감작성 표기나 TLV-STEL을 권장하기에 충분한 데이터는 제공되지 않았다. 아닐린은 메테모글로빈 증가제에 대한 생물학적 노출지표(BEI)가 권장되는 물질이다.

아닐린은 주로 화학 산업에서 사용되며, 많은 화합물의 합성물로 사용된다. 이 화합물들로는 염료, 고무 가속제 및 항산화제, 약물, 사진 화학 물질, 이소시아네이트, 제초제 및 향진균제 등이 포함된다. 2002년의 예상 수요는 1.9억 파운드였다.

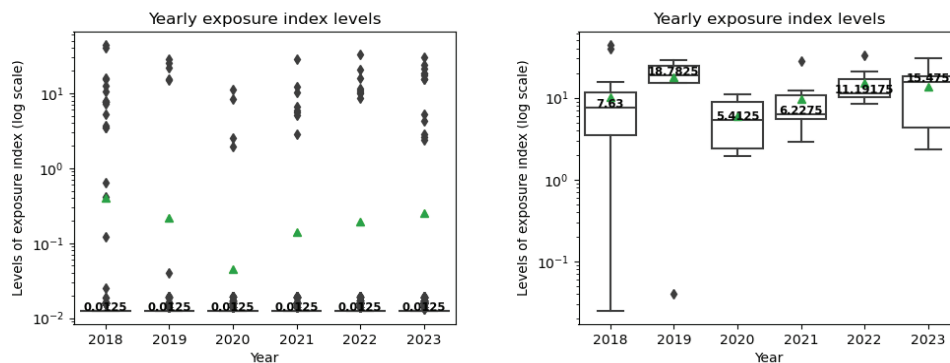
(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 3,771건이며, 물질명 오류 0건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위:1.3~2 ppm) 자료 3건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 4건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 3,764건이었으며, 불검출 값은 3,706건(98.5%)이었다.

아닐린은 매년 490~740건이 측정되고 있었고, 불검출율은 98.5% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.20%였으며, 기하평균은 0.014% 였다. 불검출율이 높음에도 불구하고 기하평균 노출지수가 다른물질보다 높게 나타나

는 것은 최소값을 2로 나누어 대체함에 있어서, 이값이 다른 물질들에 비해서 상대적으로 큰 것으로 판단된다. 불검출 대체값은 0.0125% 였다.

비모수검정(Kruskal-wallis) 에서는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었으며($p < 0.05$), 2018년 노출지수가 2020년보다 유의하게 낮은 것으로 평가되었다.



[그림 III-10] 아닐린의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.02% 미만이었고, 95% tile은 최대 3.47%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 값은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 0.1%수준 이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 7개가 포함되었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 22.17% 였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 0.26~7.24 이었다. 주요 등급은 4등급 3개 업종, 3등급 1개 업종, 2등급 11개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 1등급이었으며, 2등급이 2개 업종이었다.

〈표 III-68〉 아닐린의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	492	473	96.1	0.40	3.05	0.0160	3.2	0.0125	0.0125	44.13	0.02
2019	515	509	98.8	0.22	2.15	0.0138	2.1	0.0125	0.0125	28.60	0.02
2020	738	734	99.5	0.05	0.52	0.0132	1.6	0.0125	0.0125	11.08	0.02
2021	605	597	98.7	0.14	1.40	0.0140	2.1	0.0125	0.0125	28.30	0.02
2022	675	667	98.8	0.19	1.84	0.0141	2.1	0.0125	0.0125	33.25	0.02
2023	739	726	98.2	0.25	2.15	0.0146	2.4	0.0125	0.0125	30.33	0.02
합계	3764	3706	98.5	0.20	1.93	0.0142	2.2	0.0125	0.0125	44.13	0.02

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-69〉 아닐린의 측정건수 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입*		작업환경측정*		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	6.3	2455	352	0.38	2.88	0.0145	2.71	0.0125	0.0125	30.3
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	10.8	2528	311	0.08	1.00	0.0138	1.87	0.0125	0.0125	17.4
3	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	180	2664	5.8	356	285	0.40	2.45	0.0167	3.61	0.0125	0.0125	33.2
4	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	9.5	1322	280	0.13	1.57	0.0137	1.82	0.0125	0.0125	25.1
5	계면활성제 제조업	292	3907	1.0	517	263	0.09	0.89	0.0134	1.79	0.0125	0.0125	11.7
6	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	3.5	3689	210	0.30	3.22	0.0134	2.10	0.0125	0.0125	44.1
7	기타 공학 연구개발업	1395	37470	3.8	1998	143	0.01	-	0.0125	1.00	0.0125	0.0125	0.0
8	유인 항공기, 항공 우주선 및 보조장치 제조업	56	1232	0.7	3300	130	0.01	-	0.0125	1.00	0.0125	0.0125	0.0
9	윤활유 및 그리스 제조업	143	1780	4.5	150	117	0.59	2.79	0.0175	4.34	0.0125	0.0125	18.5
10	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	3.7	268	116	0.19	1.34	0.0150	2.38	0.0125	0.0125	12.3
11	원유 정제처리업	47	5043	2.7	4753	107	0.03	0.23	0.0137	1.67	0.0125	0.0125	2.4
12	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	1.2	71	97	0.02	0.00	0.0154	1.20	0.0156	0.0125	0.0
13	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	3.5	3774	81	0.01	0.00	0.0135	1.11	0.0125	0.0125	0.0
14	원제 의약품 제조업	305	37002	2.2	170	78	0.01	0.00	0.0145	1.13	0.0156	0.0125	0.0
15	합성고무 제조업	197	3339	1.3	193	68	0.97	5.09	0.0213	5.77	0.0125	0.0125	39.9
													3.47
													0.3804

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-70〉 아닐린의 기하평균 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		n	노출지수(EI, %)						
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수		AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	일반용 도료 및 관련제품 제조업	745	11659	0.8	6	14	4.72	8.46	0.10	24.98	0.01	0.0125	24.1
2	타이어 및 튜브 제조업	152	18626	3.2	3988	63	1.59	5.30	0.03	8.06	0.01	0.0125	28.3
3	합성고무 제조업	197	3339	1.3	193	68	0.97	5.09	0.02	5.77	0.01	0.0125	39.9
4	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	1.0	33	23	0.17	0.76	0.02	3.13	0.01	0.0125	3.7
5	윤활유 및 그리스 제조업	143	1780	4.5	150	117	0.59	2.79	0.02	4.34	0.01	0.0125	18.5
6	유기 발광 표시장치 제조업	18	75	0.3	10	4	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0172	0.0
7	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	551	9531	0.2	19	4	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0172	0.0
8	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	180	2664	5.8	356	285	0.40	2.45	0.02	3.61	0.01	0.0125	33.2
9	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	322	7064	0.2	11	1	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0164	0.0
10	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	1.0	183	22	0.02	0.00	0.02	1.00	0.02	0.0164	0.0
11	그 외 기타 고무제품 제조업	1780	15030	0.5	10	6	0.02	0.00	0.02	1.02	0.02	0.0156	0.0
12	화학섬유직물 직조업	1101	9194	0.2	4	3	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0156	0.0
13	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8066	57750	0.5	36	18	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0156	0.0
14	구조용 금속 판제품 및 공작물 제조업	3814	24173	0.2	25	4	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0156	0.0
15	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	0.2	1	1	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0156	0.0

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-71〉 아닐린의 95%tile 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	0.8	6	14	4.72	8.46	0.10	24.98	0.01	0.0125	24.1
2	타이어 및 튜브 제조업	152	18626	3.2	3988	63	1.59	5.30	0.03	8.06	0.01	0.0125	28.3
3	합성고무 제조업	197	3339	1.3	193	68	0.97	5.09	0.02	5.77	0.01	0.0125	39.9
4	윤활유 및 그리스 제조업	143	1780	4.5	150	117	0.59	2.79	0.02	4.34	0.01	0.0125	18.5
5	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	1.2	71	97	0.02	0.00	0.02	1.20	0.02	0.0125	0.0
6	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	1.8	788	35	0.01	0.00	0.01	1.16	0.01	0.0125	0.0
7	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	1.0	33	23	0.17	0.76	0.02	3.13	0.01	0.0125	3.7
8	원유 정제처리업	47	5043	2.7	4753	107	0.03	0.23	0.01	1.67	0.01	0.0125	2.4
9	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	3.7	268	116	0.19	1.34	0.01	2.38	0.01	0.0125	12.3
10	유기 발광 표시장치 제조업	18	75	0.3	10	4	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0172	0.0
11	완제 의약품 제조업	305	37002	2.2	170	78	0.01	0.00	0.01	1.13	0.02	0.0125	0.0
12	의료용품 및 기타 의학 관련제품 제조업	551	9531	0.2	19	4	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0172	0.0
13	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	0.3	8	8	0.01	0.00	0.01	1.17	0.01	0.0125	0.0
14	그 외 기타 고무제품 제조업	1780	15030	0.5	10	6	0.02	0.00	0.02	1.02	0.02	0.0156	0.0
15	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	322	7064	0.2	11	1	0.02	-	0.02	1.00	0.02	0.0164	0.0

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-72〉 아닐린의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재기업※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	0.8	6	14	4.72	0.0953	0.0125	22.17	2	3	7.24
2	타이어 및 튜브 제조업	152	18,626	3.2	3,988	63	1.59	0.0253	0.0125	15.47	2	4	6.20
3	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	10.8	2,528	311	0.08	0.0138	0.0125	0.02	1	2	5.04
4	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	9.5	1,322	280	0.13	0.0137	0.0125	0.02	1	2	4.32
5	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6,321	6.3	2,455	352	0.38	0.0145	0.0125	0.01	1	2	2.61
6	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	180	2,664	5.8	356	285	0.40	0.0167	0.0125	0.02	1	2	2.34
7	윤활유 및 그리스 제조업	143	1,780	4.5	150	117	0.59	0.0175	0.0125	0.59	1	4	1.81
8	기타 공학 연구개발업	1,395	37,470	3.8	1,998	143	0.01	0.0125	0.0125	0.01	1	2	1.25
9	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	3.7	268	116	0.19	0.0150	0.0125	0.02	1	2	1.17
10	합성고무 제조업	197	3,339	1.3	193	68	0.97	0.0213	0.0125	3.47	1	4	1.09
11	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	3.5	3,774	81	0.01	0.0135	0.0125	0.02	1	2	1.08
12	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8,682	3.5	3,689	210	0.30	0.0134	0.0125	0.01	1	2	1.07
13	원유 정제처리업	47	5,043	2.7	4,753	107	0.03	0.0137	0.0125	0.02	1	2	0.63
14	원제 의약품 제조업	305	37,002	2.2	170	78	0.01	0.0145	0.0156	0.02	1	2	0.35
15	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	777	8,506	2.0	483	59	0.01	0.0125	0.0125	0.01	1	2	0.26

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

11) 아세토니트릴

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

아세토니트릴에 대한 직업적 노출을 위해 TLV-TWA 값으로 20 ppm 이 권장된다. 이 값은 폐에 부정적인 영향을 최소화하기 위한 것이다. TWA는 사람에게 대한 데이터가 제한적인 상황에서 결정되었으며, 이 데이터에 따르면 40 ppm 노출은 세 명의 참가자 중 두 명에서는 효과를 보이지 않았으나, 세 번째 참가자는 폐에서 화학물질 존재를 감지했다. 반복된 동물 노출 연구에서는 200 ppm의 무영향농도도 이 수준이 적절하고 보호적임을 지지한다. 피부 흡수에 대한 사례 보고서와 쥐에서의 치명적 피부 독성 연구(<1000 mg/kg 용량)를 바탕으로 피부 표기가 권장된다. 쥐에서의 평생 흡입 연구에서는 암 발생 증가가 없었으며, 생쥐에서 전위위장의 자극증이 관찰되었지만, 이 결과의 인간 관련성은 확정적이지 않다. 이러한 쥐에서의 부정적 결과를 바탕으로, 인간에 대한 발암성은 없는 물질(A4)로 분류되었다. 감작성 표기나 STEL 을 권장할 충분한 데이터는 없다.

아세토니트릴은 탄화수소 추출 공정에서 용매로 사용되며, 특히 부타디엔에서 사용된다. 또한 특수 용매 및 중간체로도 사용되며, 식물 기름으로부터 지방산의 분리에도 사용된다.

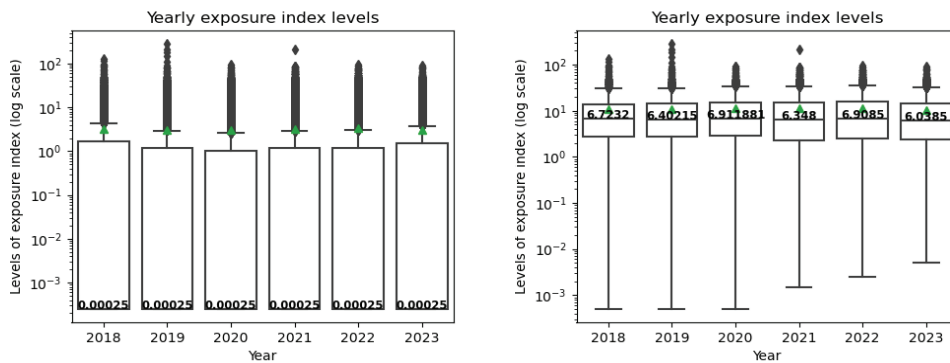
(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 58,312건이며, 물질명 오류 1건, 횡수조정 6건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 35건과 노출기준 불인정 (TWA 인정범위:13~20 ppm) 자료 90건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 58,180건이었으며, 불검출 값은 41,400건(71.2%)이었다.

아세토니트릴I의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 71.2%였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.50%였으며, 기하평균은 0.0002%

였다. 불검출값을 대체한 값은 0.00025% 수준이었다.

비모수검정(Kruskal-wallis) 에서는 연도별로 유의한 차이가 없었다 ($p=0.19$).



[그림 III-11] 아세토니트릴의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.05% 미만이었고, 95% tile은 최대 31.88%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 1개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 24.9% 수준 이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 11개가 포함되었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 76.4% 였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 2.58~13.43 이었다. 주요 등급은 4등급 9개 업종, 3등급 6개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 2등급이었으며, 3등급이 1개 업종이었다.

〈표 III-73〉 아세트ونی트릴의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	7309	5172	70.8	0.69	3.79	0.0003	29.2	0.0001	0.0000	92.02	3.07
2019	8316	5993	72.1	0.66	3.86	0.0003	29.7	0.0001	0.0000	133.87	3.29
2020	9044	6576	72.7	0.49	3.06	0.0002	20.7	0.0001	0.0000	81.63	1.76
2021	9895	7009	70.8	0.47	3.09	0.0002	17.9	0.0001	0.0000	81.57	1.69
2022	11077	7848	70.8	0.41	2.95	0.0002	15.7	0.0001	0.0000	96.27	1.35
2023	12539	8802	70.2	0.34	2.86	0.0002	11.6	0.0001	0.0000	140.68	0.56
합계	58180	41400	71.2	0.50	3.27	0.0002	19.8	0.0001	0.0000	140.68	1.92

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-74〉 아세토니트릴의 측정건수 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※		노출지수(EI, %)								
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.995}
1	완제 의약품 제조업	305	37002	180.5	25529	9079	6.40	10.89	0.0493	177.57	0.2579	0.0003	210.6	30.41	247.2937
2	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	210	15108	72.7	8226	4534	5.86	11.42	0.0218	175.61	0.0003	0.0003	94.1	31.88	107.5082
3	의학 및 약학 연구개발업	1524	14901	82.2	5608	4142	3.69	9.27	0.0068	110.29	0.0003	0.0003	85.7	24.13	15.4700
4	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	46.5	8325	2589	2.54	8.04	0.0029	75.36	0.0003	0.0003	130.8	16.08	3.4981
5	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	65.2	10381	2470	1.79	5.75	0.0016	49.55	0.0003	0.0003	82.0	12.22	0.9964
6	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	54.8	3385	2056	3.10	8.11	0.0051	103.57	0.0003	0.0003	87.1	17.22	10.4805
7	기타 공학 연구개발업	1395	37470	38.8	19735	1865	1.49	5.46	0.0013	39.93	0.0003	0.0003	49.7	9.32	0.5557
8	화장품 제조업	1674	31472	80.7	9878	1852	2.42	6.51	0.0040	86.14	0.0003	0.0003	49.2	14.73	6.1566
9	의료용품 및 기타 의학 관련제품 제조업	551	9531	36.7	3304	1616	5.16	10.94	0.0159	141.38	0.0003	0.0003	83.3	30.86	54.7827
10	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	777	8506	28.3	4631	1410	1.50	5.25	0.0011	35.96	0.0003	0.0003	46.5	10.36	0.3915
11	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	2079	26484	29.7	5216	1068	2.01	6.66	0.0023	62.90	0.0003	0.0003	77.1	10.75	2.0542
12	기타 자연과학 연구개발업	588	11786	28.2	4828	1062	2.24	7.41	0.0018	55.58	0.0003	0.0003	90.6	14.70	1.3144
13	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	22.5	2471	743	0.89	3.85	0.0009	25.23	0.0003	0.0003	55.1	4.44	0.1730
14	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	20.0	6410	739	0.17	1.22	0.0004	6.67	0.0003	0.0003	20.1	0.00	0.0087
15	종합병원	188	39908	28.2	65677	705	1.32	4.39	0.0017	48.12	0.0003	0.0003	47.1	8.65	1.0223

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-75〉 아세토니트릴의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95} e
1	의료용품 도매업	1818	5432	0.2	3	2	25.26	6.01	24.90	1.19	25.26	21.0105	29.5	29.08	32.9
2	작물재배 및 축산 복합농업	218	1020	0.2	33	4	26.54	11.19	24.49	1.53	27.20	12.5015	39.3	37.89	49.1
3	제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	3523	80861	0.2	17	1	22.05	-	22.05	1.00	22.05	22.0540	22.1	22.05	22.1
4	물류 터미널 운영업	72	1017	0.2	2	1	6.40	-	6.40	1.00	6.40	6.3950	6.4	6.40	6.4
5	바이오 연료 및 혼합물 제조업	35	295	0.3	5	8	15.69	11.09	3.77	40.05	15.67	0.0003	29.1	27.93	1629.6
6	기타 기술 및 직업 훈련학원	4208	16894	0.2	5	2	7.75	10.18	2.88	5.19	7.75	0.5550	15.0	14.23	43.2
7	농업 및 임업용 기계 제조업	1848	12895	0.2	12	2	2.01	0.18	2.01	1.07	2.01	1.8850	2.1	2.13	2.2
8	제판 및 조판업	366	2122	0.2	12	1	1.99	-	1.99	1.00	1.99	1.9910	2.0	1.99	2.0
9	기타 인쇄업	5377	35293	0.2	10	2	1.93	0.02	1.93	1.01	1.93	1.9200	1.9	1.94	2.0
10	고체 연료 및 관련제품 도매업	220	700	1.0	15	11	10.34	11.06	1.35	61.53	5.04	0.0003	37.1	28.18	1186.4
11	설탕 제조업	14	1009	0.2	3	5	0.61	0.13	0.60	1.20	0.53	0.4924	0.8	0.78	0.8
12	곡물 혼합 분말 및 반죽 제조업	92	799	1.0	95	18	5.47	5.61	0.54	65.94	3.90	0.0003	17.7	14.33	527.0
13	전자 축전기 제조업	88	3571	2.8	226	71	18.88	25.07	0.36	212.36	6.03	0.0003	89.6	76.40	2411.5
14	자동차용 부품 외의 제조업	70	590	0.3	297	4	2.21	2.62	0.21	53.57	1.53	0.0003	5.8	5.29	147.4
15	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀 기기 제조업	631	8365	1.0	17	24	12.36	13.66	0.18	257.15	12.38	0.0003	45.6	41.44	1616.7

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-76〉 아세트니트릴의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	전자 축전기 제조업	88	3571	2.8	226	71	18.88	25.07	0.36	212.36	6.03	0.0003	89.6	76.40	2411.5
2	목재 도구 및 주방용 나무제품 제조업	640	5951	0.7	6	12	12.30	16.90	0.15	235.37	6.13	0.0003	46.5	43.53	1217.6
3	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀 기기 제조업	631	8365	1.0	17	24	12.36	13.66	0.18	257.15	12.38	0.0003	45.6	41.44	1616.7
4	제조업 회사 본부	1627	13935	2.0	131	45	5.70	12.61	0.01	134.80	0.00	0.0003	49.3	39.33	31.5
5	수산물 부화 및 수산 종자 생산업	82	248	1.0	32	24	5.51	12.93	0.02	156.29	0.00	0.0003	49.0	38.39	69.0
6	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	16.0	11198	507	7.64	23.30	0.01	168.88	0.00	0.0003	283.8	38.12	52.6
7	직물재배 및 축산 복합농업	218	1020	0.2	33	4	26.54	11.19	24.49	1.53	27.20	12.5015	39.3	37.89	49.1
8	소독, 구충 및 방제 서비스업	2750	11874	1.8	132	32	5.59	12.31	0.02	156.90	0.00	0.0003	48.9	37.54	81.0
9	포장 및 충전업	1772	17999	0.5	23	8	8.57	16.00	0.01	192.53	0.00	0.0003	41.8	35.96	85.6
10	기타 인쇄관련 산업	1204	6521	0.3	65	6	7.56	18.53	0.00	91.18	0.00	0.0003	45.4	34.03	3.2
11	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	210	15108	72.7	8226	4534	5.86	11.42	0.02	175.61	0.00	0.0003	94.1	31.88	107.5
12	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	551	9531	36.7	3304	1616	5.16	10.94	0.02	141.38	0.00	0.0003	83.3	30.86	54.8
13	원제 의약품 제조업	305	37002	180.5	25529	9079	6.40	10.89	0.05	177.57	0.26	0.0003	210.6	30.41	247.3
14	축전지 제조업	376	17024	3.3	4176	208	6.16	9.98	0.07	168.15	1.60	0.0003	50.3	29.46	325.5
15	의료용품 도매업	1818	5432	0.2	3	2	25.26	6.01	24.90	1.19	25.26	21.0105	29.5	29.08	32.9

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-77〉 아세토니트릴의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	원제 의약품 제조업	305	37,002	180.5	25,529	9079	6.40	0.0493	0.2579	30.4	2	4	13.43
2	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	210	15,108	72.7	8,226	4534	5.86	0.0218	0.0003	31.9	2	4	6.62
3	의학 및 약학 연구개발업	1,524	14,901	82.2	5,608	4142	3.69	0.0068	0.0003	24.1	2	4	6.49
4	전자 축전기 제조업	88	3,571	2.8	226	71	18.88	0.3583	6.0250	76.4	3	3	6.35
5	화장품 제조업	1,674	31,472	80.7	9,878	1852	2.42	0.0040	0.0003	14.7	2	4	5.50
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	65.2	10,381	2470	1.79	0.0016	0.0003	12.2	2	4	4.26
7	의료용품 및 기타 의학 관련제품 제조업	551	9,531	36.7	3,304	1616	5.16	0.0159	0.0003	30.9	2	4	4.20
8	물질 성분 검사 및 분석업	971	15,116	54.8	3,385	2056	3.10	0.0051	0.0003	17.2	2	4	4.07
9	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	16.0	11,198	507	7.64	0.0114	0.0003	38.1	2	4	3.55
10	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12,890	46.5	8,325	2589	2.54	0.0029	0.0003	16.1	2	4	3.42
11	목재 도구 및 주방용 나무제품 제조업	640	5,951	0.7	6	12	12.30	0.1528	6.1320	43.5	2	3	3.08
12	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀 기기 제조업	631	8,365	1.0	17	24	12.36	0.1753	12.3828	41.4	2	3	2.90
13	제조업 회사 본부	1,627	13,935	2.0	131	45	5.70	0.0099	0.0003	39.3	2	3	2.77
14	수산물 부화 및 수산 종자 생산업	82	248	1.0	32	24	5.51	0.0170	0.0003	38.4	2	3	2.61
15	소독, 구충 및 방제 서비스업	2,750	11,874	1.8	132	32	5.59	0.0198	0.0003	37.5	2	3	2.58

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

12) 이황화탄소

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

이황화탄소에 대한 직업적 노출의 TWA 값으로 1 ppm이 권장된다. 이 값은 주로 신경학적 결과물을 기반으로 하지만, 탄화수소 노출로 인한 심혈관, 생식기, 안과 및 신장을 포함한 모든 기관계에도 유해한 영향을 최소화하기 위한 것이다. 이황화탄소 노출로 인한 생리적 반응의 첫 번째 징후는 운동 신경 전도 속도 저하 및 다른 부정적인 신경계 효과이다. 노출 측정은 정밀하지 않았지만, 이러한 효과들은 보통 1~3 ppm 약간 위에서 발생하는 것으로 보인다. 이 TWA는 작업자들의 건강에 유해한 영향을 최소화하기 위한 것이며, 이는 신경 전도 속도 감소와 두통, 불안, 피로 등과 같은 주관적 불편감 및 관련 신경학적 후유증을 포함한다. 이황화탄소는 악취가 나고 일부 개인에게 메스꺼움을 유발할 수 있다(공기 중의 악취 임계치는 0.1~0.2 ppm). 작업장 제어 조치가 필요할 수 있어서, 환경 공기 농도가 TWA 아래로 유지되도록 해야 한다. 동일한 효과가 동물 연구에서도 대략적인 농도 범위에서 관찰되었다. 쥐를 대상으로 한 흡입 노출 후 신경학적 결과의 최저 관찰 효과 농도(LOEL)는 50 ppm이었다. 전기생리학적 결과물에 대한 쥐의 무관찰영향수준은 50 ppm이고, LOEL은 500 ppm이었다. 제한된 동물 암 연구 결과를 바탕으로, 인간 발암 물질로 분류할 수 없음(A4)으로 분류되었다. 피부 흡수와의 따른 독성 효과로 인해 피부 표기가 필요하다. 감작성 표기나 STEL을 권장할 충분한 데이터는 제공되지 않았다.

이황화탄소는 주로 비스코스 레이온 제조 과정에서 섬유소 제형산업을 생산하기 위한 반응 원료로 사용된다. 다른 중요한 응용 분야로는 탄화클로르라이드, 섬유소 필름(셀로판), 황화 고무 제형산업, 시오시안산염, 합판 접착제, 그리고 플로테이션 제제 제조 등이 있다. 또한 지방, 황, 인, 기름, 수지 및 밀랍의 용제로 사용되며, 전자 진공관 제조에도 사용된다. 이황화탄소는 디티오카바메이트 살충제의 부산물로도 발생한다. 미국 환경보호청(US EPA) 독성

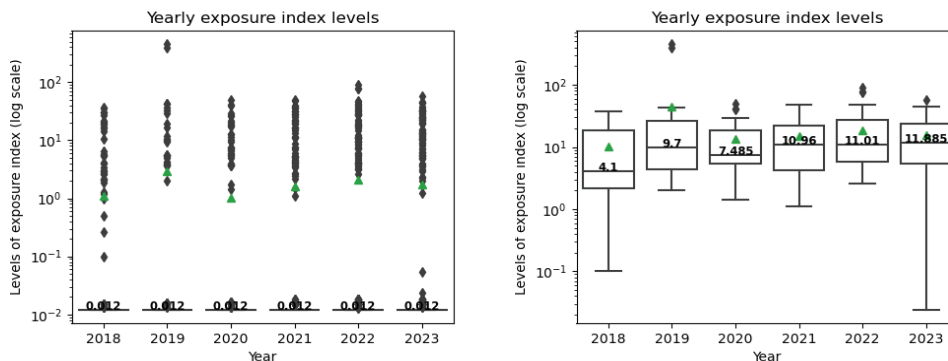
방출 재고(TRI)에 따르면, 2002년에는 점 오염원 대기 배출로 약 13,000 톤의 이황화탄소가 방출되었다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 2,907건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 0건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위:0.6~1 ppm) 자료 6건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 2,901건이었으며, 불검출값은 2,618건(90.2%)이었다.

이황화탄소의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 90.2% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 1.77%였으며, 기하평균은 0.023% 였다. 불검출율이 높음에도 불구하고 기하평균 노출지수가 다른물질보다 높게 나타나는 것은 최소값을 2로 나누어 대체함에 있어서, 이값이 다른 물질들에 비해서 상대적으로 큰 것으로 판단된다. 불검출값을 대체한 값은 0.0120% 였다.

비모수검정(Kruskal-wallis)에서 연도별 유의한 차이는 없었다($p=0.27$).



[그림 III-12] 이황화탄소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.05% 미만이었고, 95% tile은 최대 26%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 1개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 0.69% 수준 이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 3개가 포함되었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 43.8% 였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 0.09~4.69 이었다. 주요 등급은 4등급 7개 업종, 3등급 6개 업종, 2등급 2개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 2등급이었으며, 1등급이 3개 업종이었다.

〈표 III-78〉 이황화탄소의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	334	299	89.5	1.09	4.74	0.0226	6.65	0.0120	0.0120	37.06	4.56
2019	400	374	93.5	2.96	30.50	0.0189	5.69	0.0120	0.0120	455.39	4.04
2020	453	419	92.5	1.02	4.81	0.0200	5.86	0.0120	0.0120	48.87	5.90
2021	495	442	89.3	1.62	6.28	0.0249	8.14	0.0120	0.0120	48.62	11.45
2022	596	529	88.8	2.10	8.47	0.0266	9.11	0.0120	0.0120	89.87	12.04
2023	623	555	89.1	1.74	6.48	0.0254	8.42	0.0120	0.0120	57.09	13.13
합계	2901	2618	90.2	1.77	12.85	0.0233	7.49	0.0120	0.0120	455.39	9.87

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-79〉 이황화탄소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	그 외 기타 보건업	667	14342	16.2	1257	328	2.06	7.58	0.0284	9.67	0.0120	0.0120	57.1	13.10	1.1858
2	환경 관련 엔지니어링 서비스업	1642	15448	16.0	205	309	3.00	9.92	0.0341	12.49	0.0120	0.0120	89.9	23.04	2.1707
3	종합병원	188	39908	17.0	19646	309	0.86	4.21	0.0193	5.51	0.0120	0.0120	41.6	4.92	0.3202
4	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	14.7	172	253	2.42	6.90	0.0358	12.57	0.0120	0.0120	45.2	18.91	2.3006
5	일반병원	6317	319953	11.2	10677	208	0.82	4.31	0.0181	5.02	0.0120	0.0120	43.5	3.90	0.2575
6	원유 정제처리업	47	5043	3.3	6501	204	0.06	0.46	0.0137	1.81	0.0120	0.0120	5.5	0.02	0.0363
7	완제 의약품 제조업	305	37002	2.5	813	142	0.98	3.44	0.0260	7.44	0.0120	0.0120	28.5	7.27	0.7065
8	일반의원	29876	205674	5.0	422	109	2.89	8.32	0.0325	12.33	0.0120	0.0120	40.9	26.35	2.0279
9	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	777	8506	5.3	209	104	1.68	5.42	0.0293	9.82	0.0120	0.0120	34.7	15.70	1.2576
10	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46660	0.7	5979	82	0.01	-	0.0120	1.00	0.0120	0.0120	0.0	0.01	0.0120
11	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	3.7	1384	80	12.01	67.29	0.0329	12.55	0.0120	0.0120	455.4	12.67	2.1102
12	기타 자연과학 연구개발업	588	11786	3.5	43	71	1.27	6.08	0.0167	4.82	0.0120	0.0120	33.2	0.01	0.2219
13	기타 공학 연구개발업	1395	37470	2.2	521	54	1.04	4.66	0.0219	6.69	0.0120	0.0120	32.8	5.68	0.5002
14	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	2079	26484	2.2	371	53	0.94	5.14	0.0210	5.89	0.0120	0.0120	37.1	2.81	0.3881
15	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	2.2	685	51	0.12	0.45	0.0161	3.26	0.0120	0.0120	2.2	0.66	0.1128

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-80〉 이황화탄소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	곡물 및 기타 식량작물 재배업	661	2855	0.2	2	2	19.77	27.94	0.69	57.39	19.77	0.0120	39.5	37.54	538.6
2	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	8307	77221	1.7	20	28	9.43	18.83	0.13	33.30	0.01	0.0120	77.5	43.81	41.4
3	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1535	27006	0.5	38	12	1.77	2.73	0.09	17.39	0.01	0.0120	7.3	6.55	9.9
4	화장품 제조업	1674	31472	0.3	24	8	8.95	17.04	0.09	31.68	0.01	0.0120	43.4	38.05	25.9
5	기타 전문 서비스업	83	1967	0.7	2	6	1.62	2.87	0.09	16.21	0.01	0.0120	7.1	5.97	8.3
6	그 외 기타 달리 분류되지 않은 개인 서비스업	1122	8756	0.5	36	12	3.37	9.97	0.07	15.67	0.01	0.0120	34.8	17.92	6.9
7	보건 및 복지 행정	298	3290	0.5	40	12	2.56	4.80	0.06	18.37	0.01	0.0120	13.3	11.65	7.7
8	경성 인쇄회로기판 제조업	26	266	1.0	9	24	2.08	5.02	0.06	15.06	0.01	0.0120	20.2	13.27	5.6
9	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	14.7	172	253	2.42	6.90	0.04	12.57	0.01	0.0120	45.2	18.91	2.3
10	기타 사회서비스 관리 행정	372	9108	1.7	127	34	1.20	4.18	0.03	9.78	0.01	0.0120	23.8	4.08	1.5
11	환경 관련 엔지니어링 서비스업	1642	15448	16.0	205	309	3.00	9.92	0.03	12.49	0.01	0.0120	89.9	23.04	2.2
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	3.7	1384	80	12.01	67.29	0.03	12.55	0.01	0.0120	455.4	12.67	2.1
13	일반의원	29876	205674	5.0	422	109	2.89	8.32	0.03	12.33	0.01	0.0120	40.9	26.35	2.0
14	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	777	8506	5.3	209	104	1.68	5.42	0.03	9.82	0.01	0.0120	34.7	15.70	1.3
15	그 외 기타 보건업	667	14342	16.2	1257	328	2.06	7.58	0.03	9.67	0.01	0.0120	57.1	13.10	1.2

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-81〉 이황화탄소의 95%tile 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	8307	77221	1.7	20	28	9.43	18.83	0.13	33.30	0.01	0.0120	77.5	43.81	41.4
2	화장품 제조업	1674	31472	0.3	24	8	8.95	17.04	0.09	31.68	0.01	0.0120	43.4	38.05	25.9
3	곡물 및 기타 식량작물 재배업	661	2855	0.2	2	2	19.77	27.94	0.69	57.39	19.77	0.0120	39.5	37.54	538.6
4	일반의원	29876	205674	5.0	422	109	2.89	8.32	0.03	12.33	0.01	0.0120	40.9	26.35	2.0
5	환경 관련 엔지니어링 서비스업	1642	15448	16.0	205	309	3.00	9.92	0.03	12.49	0.01	0.0120	89.9	23.04	2.2
6	물질 검사, 측정 및 분석 기구 제조업	882	8518	1.7	30	33	2.92	10.35	0.02	9.34	0.01	0.0120	47.8	21.81	1.0
7	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	14.7	172	253	2.42	6.90	0.04	12.57	0.01	0.0120	45.2	18.91	2.3
8	그 외 기타 달리 분류되지 않은 개인 서비스업	1122	8756	0.5	36	12	3.37	9.97	0.07	15.67	0.01	0.0120	34.8	17.92	6.9
9	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	777	8506	5.3	209	104	1.68	5.42	0.03	9.82	0.01	0.0120	34.7	15.70	1.3
10	경성 인쇄회로기판 제조업	26	266	1.0	9	24	2.08	5.02	0.06	15.06	0.01	0.0120	20.2	13.27	5.6
11	그 외 기타 보건업	667	14342	16.2	1257	328	2.06	7.58	0.03	9.67	0.01	0.0120	57.1	13.10	1.2
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	3.7	1384	80	12.01	67.29	0.03	12.55	0.01	0.0120	455.4	12.67	2.1
13	보건 및 복지 행정	298	3290	0.5	40	12	2.56	4.80	0.06	18.37	0.01	0.0120	13.3	11.65	7.7
14	원제 의약품 제조업	305	37002	2.5	813	142	0.98	3.44	0.03	7.44	0.01	0.0120	28.5	7.27	0.7
15	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1535	27006	0.5	38	12	1.77	2.73	0.09	17.39	0.01	0.0120	7.3	6.55	9.9

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-82〉 이황화탄소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	환경 관련 엔지니어링 서비스업	1,642	15,448	16.0	205	309	3.00	0.0341	0.0120	23.0	2	4
2	물질 성분 검사 및 분석업	971	15,116	14.7	172	253	2.42	0.0358	0.0120	18.9	2	4
3	그 외 기타 보건업	667	14,342	16.2	1,257	328	2.06	0.0284	0.0120	13.1	2	4
4	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	8,307	77,221	1.7	20	28	9.43	0.1295	0.0120	43.8	2	3
5	종합병원	188	39,908	17.0	19,646	309	0.86	0.0193	0.0120	4.9	1	2
6	일반의원	29,876	205,674	5.0	422	109	2.89	0.0325	0.0120	26.4	2	4
7	화장품 제조업	1,674	31,472	0.3	24	8	8.95	0.0881	0.0120	38.0	2	3
8	곡물 및 기타 식량작물 재배업	661	2,855	0.2	2	2	19.77	0.6887	19.7660	37.5	2	3
9	일반병원	6,317	319,953	11.2	10,677	208	0.82	0.0181	0.0120	3.9	1	2
10	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	777	8,506	5.3	209	104	1.68	0.0293	0.0120	15.7	2	4
11	물질 검사, 측정 및 분석 기구 제조업	882	8,518	1.7	30	33	2.92	0.0243	0.0120	21.8	2	3
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	3.7	1,384	80	12.01	0.0329	0.0120	12.7	2	4
13	그 외 기타 달리 분류되지 않은 개인 서비스업	1,122	8,756	0.5	36	12	3.37	0.0748	0.0120	17.9	2	3
14	경성 인쇄회로기판 제조업	26	266	1.0	9	24	2.08	0.0643	0.0120	13.3	2	3
15	완제 의약품 제조업	305	37,002	2.5	813	142	0.98	0.0260	0.0120	7.3	1	4

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

13) 크실렌

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

모든 크실렌 이성질체(ortho-, meta-, para-)에 대한 시간 가중 평균 노출기준 100 ppm와 단시간 노출기준 150 ppm이 권장됩니다. 이러한 값은 눈과 상기도 자극을 줄이기 위한 것이며, 더 높은 농도에 노출되었을 때 발생할 수 있는 마취 효과, 위장 장애, 만성 효과로부터 상당한 보호를 제공합니다. 액상의 크실렌은 흥반, 건조, 피부 탈지 등을 일으킬 수 있지만, 피부 흡수는 느리기 때문에 피부 표시는 권장되지 않는다. 크실렌을 경구 투여한 설치류에서 치료 관련 종양 발생률의 증가가 없었기 때문에 크실렌 이성질체는 인간에 발암성이 없는 것으로 분류된다(A4). 크실렌은 생물학적 노출지표가 권장되는 물질이다. 감작성 표시를 권장할 만한 충분한 데이터는 없다.

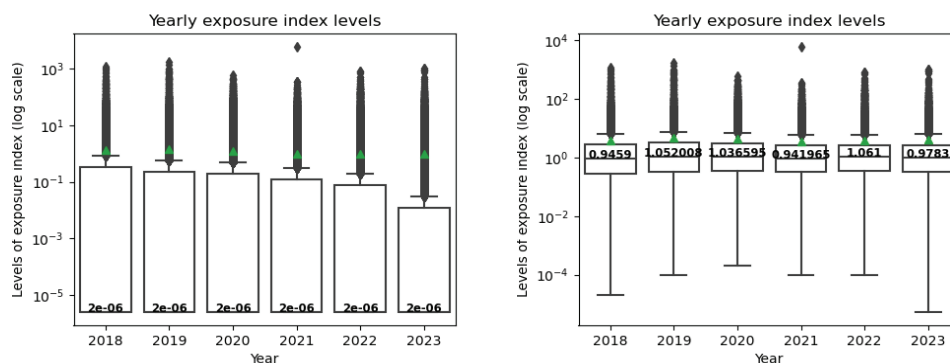
혼합 크실렌은 휘발유와 항공 연료, 그리고 많은 석유 용제에 포함되어 있다. 크실렌은 페인트와 기타 코팅제, 특히 알킬 수지 타입 및 고무 시멘트에서 용제로 널리 사용된다. m-크실렌은 이소프탈산 제조의 중간체로 사용되고, o-크실렌은 프탈산 무수물 제조에 사용되며, p-크실렌은 테레프탈산 합성에 사용된다. 또한, o- 및 p-이성질체는 의약품과 살충제 합성에도 사용된다. 상업적으로 p-크실렌은 폴리에스터 생산에 주로 사용되기 때문에 세 이성질체 중 가장 중요하다.

수년간 크실렌의 독성에 대한 수많은 리뷰가 출판되었다. 초기 동물 실험에 사용되었고 과거에 노동자들이 노출되었던 기술 등급의 크실렌은 종종 미지의 상당량의 벤젠을 포함하고 있었으며, 이는 역사적인 연구에서 설명된 조혈 독성을 야기할 수 있음을 인식하는 것이 중요하다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 403,848건이며, 물질명 오류 2건, 횡수조정 285건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 452건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 66~100 ppm) 자료 571건은 삭제하였다. 크실렌은 TWA와 STEL 노출기준을 갖고 있다. 총 유효 자료 수는 402,538건이었으며, TWA로 평가된 자료는 400,306건, STEL로 평가된 자료는 2,232건이었다. 불검출 자료는 TWA 에서 283,328건(70.8%)이었고, STEL 에서는 1,754건(70.5%)이었다. 측정값 중에서 100 ppm 이상의 고농도 값을 추출해 보았을 때, 대부분 선박/구조물 등의 도장공정에서 나왔으며, 매년 반복되는 것으로 판단되어 유효한 측정값으로 판단하였다(424건).

연도별 노출지수는 산술평균으로 1.00~1.42% 수준이었으며, 기하평균은 0.0001% 수준이었다. 연도별 노출수준은 '18~'20년의 노출수준이 '21~'23년 노출수준에 비해서 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 불검출값이 70.8% 이므로, 중위수는 최소값과 동일하고, 매년 노출기준을 초과하는 값들이 있었다. 연도별 상위 95% 노출지수는 평균 4.2% 수준이었으며, 연차적으로 낮아지는 경향이 있었다.



[그림 III-13] 크실렌의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.02% 미만이었고, 95% tile은 최대 61%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 3개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 3.53% 수준 이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었다. 6개 업종에서만 기하평균이 1% 이상이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 61.24% 였다. 나머지 14개 업종은 10~50% 범위의 95% tile을 가졌다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.28~25.50 이었다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 7개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 대부분 2등급이었으며, 3등급 1개 업종, 1등급이 5개 업종이었다.

〈표 III-83〉 크실렌의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	61493	40015	65.1	1.33	12.96	0.0002	454.47	0.0000	0.0000	1166.35	4.82
2019	64901	44831	69.1	1.42	16.64	0.0001	402.11	0.0000	0.0000	1701.66	4.89
2020	64814	45594	70.3	1.26	9.12	0.0001	381.72	0.0000	0.0000	581.24	4.55
2021	65030	46622	71.7	1.01	24.19	0.0001	330.57	0.0000	0.0000	5985.00	3.76
2022	70222	51233	73.0	1.02	9.74	0.0001	308.44	0.0000	0.0000	820.70	3.52
2023	73846	55033	74.5	1.00	10.99	0.0001	276.48	0.0000	0.0000	1035.82	3.54
합계	400306	283328	70.8	1.17	14.77	0.0001	355.67	0.0000	0.0000	5985.00	4.20

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-84〉 크실렌의 측정건수 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	자동차 종합 수리업	7841	46581	3287.0	43943	52450	0.95	2.55	0.0007	617.01	0.0000	0.0000	73.1	25.5806
2	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	695.2	10295	13030	1.56	4.13	0.0020	690.21	0.0390	0.0000	85.3	93.8071
3	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	472.2	50168	12448	0.60	2.17	0.0001	286.85	0.0000	0.0000	49.1	0.8901
4	원유 정제처리업	47	5043	23.3	11968	11328	0.02	0.29	0.0000	4.18	0.0000	0.0000	17.0	0.0000
5	아파트 건설업	3082	330427	446.0	117109	10664	0.62	2.95	0.0000	235.94	0.0000	0.0000	82.9	0.3915
6	자동차 전문 수리업	9354	26752	688.7	8241	9924	1.03	2.59	0.0011	637.91	0.0000	0.0000	63.9	43.9880
7	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	139.5	6595	9612	1.10	3.87	0.0010	617.95	0.0000	0.0000	247.5	37.7700
8	강선 건조업	2596	76573	58.2	69126	9458	12.25	44.45	0.0101	1458.48	0.4841	0.0000	1701.7	1615.5551
9	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	203.0	58554	9211	9.88	55.21	0.0006	1010.73	0.0000	0.0000	1336.5	53.2202
10	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	59.3	11378	7821	0.04	0.45	0.0000	8.47	0.0000	0.0000	19.4	0.0001
11	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57184	35.2	259130	7628	0.31	1.66	0.0001	211.73	0.0000	0.0000	62.7	1.54
12	자동차 차체용 부품 제조업	4296	149959	212.8	34576	7003	0.61	2.03	0.0001	328.26	0.0000	0.0000	36.5	1.5283
13	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	162.7	15041	6769	0.20	1.22	0.0000	64.80	0.0000	0.0000	46.9	0.0123
14	중합병원	188	39908	134.5	191374	5574	0.42	1.98	0.0001	249.43	0.0000	0.0000	46.8	1.82
15	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	152.7	12183	5193	0.26	1.54	0.0000	72.51	0.0000	0.0000	41.3	0.0160

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-85〉 크실렌의 기하평균 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	섬유 원단, 실 및 기타 섬유제품 소매업	2580	8358	1.0	25	18	6.19	5.35	3.53	3.42	5.07	0.2330	15.7	14.89	26.6	
2	공작용 기계 및 장비 도매업	782	2365	0.2	3	1	2.56		2.56	1.00	2.56	2.5642	2.6	2.56	2.6	
3	면직물 직조업	307	2293	1.0	48	6	2.29	2.07	1.49	2.74	1.72	0.2795	5.8	5.22	7.8	
4	가전제품 수리업	2001	18787	0.2	2	1	1.42		1.42	1.00	1.42	1.4168	1.4	1.42	1.4	
5	자수제품 및 자수용 재료 제조업	560	1582	0.7	5	8	3.04	2.65	1.38	5.49	2.89	0.0761	8.2	6.96	22.7	
6	생활용 가구 도매업	2324	7174	0.2	1	2	1.26	0.04	1.26	1.03	1.26	1.2240	1.3	1.28	1.3	
7	일반 제재업	555	3640	0.7	9	8	1.94	2.29	0.85	4.70	1.04	0.0344	5.6	5.61	10.8	
8	자전거 및 환자용 차량 제조업	102	520	0.2	1	1	0.38		0.38	1.00	0.38	0.3844	0.4	0.38	0.4	
9	모 방직업	57	845	0.2	30	6	0.42	0.27	0.32	2.22	0.48	0.1050	0.7	0.70	1.2	
10	기타 산업 회사본부	2762	21767	1.7	263	16	1.22	1.87	0.12	72.01	0.32	0.0000	6.9	4.32	140.2	
11	침구 및 관련제품 제조업	1139	5307	1.2	96	28	7.31	13.26	0.12	549.05	1.87	0.0000	52.7	37.75	3801.4	
12	간식 폐기물 처리업	373	5912	0.3	37	2	0.11	0.04	0.11	1.31	0.11	0.0841	0.1	0.14	0.2	
13	코르크 및 조물 제품 제조업	67	211	1.3	13	22	7.96	8.86	0.07	1072.80	6.17	0.0000	33.0	21.24	6601.6	
14	전자 부품 실장기판 제조업	405	3615	1.2	57	8	1.58	1.67	0.05	301.66	1.24	0.0000	4.6	3.99	656.2	
15	방사성 폐기물 수집, 운반 및 처리업	9	250	0.5	59	10	0.96	1.28	0.05	164.06	0.54	0.0000	3.8	3.28	235.6	

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-86〉 크실렌의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	강선 건조업	2596	76573	58.2	69126	9458	12.25	44.45	0.01	1458.48	0.48	0.0000	1701.7	61.24	1615.6
2	침구 및 관련제품 제조업	1139	5307	1.2	96	28	7.31	13.26	0.12	549.05	1.87	0.0000	52.7	37.75	3801.4
3	체인화 편직업	40344	139535	0.8	496	14	6.98	14.13	0.00	1255.70	0.00	0.0000	44.8	36.05	30.3
4	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	203.0	58554	9211	9.88	55.21	0.00	1010.73	0.00	0.0000	1336.5	34.58	53.2
5	농림업용 기계 및 장비 도매업	1188	2785	1.0	35	23	3.28	7.67	0.00	985.70	0.00	0.0000	23.5	22.87	50.0
6	코르크 및 조물 제품 제조업	67	211	1.3	13	22	7.96	8.86	0.07	1072.80	6.17	0.0000	33.0	21.24	6601.6
7	가정용 및 장식용 도자기 제조업	359	1900	3.3	333	108	2.18	6.13	0.00	283.43	0.00	0.0000	31.1	17.95	0.4
8	놀이타용 장비 제조업	70	487	2.3	60	32	5.10	6.37	0.02	1225.30	1.96	0.0000	21.8	17.29	2736.9
9	인테리어 디자인업	1607	4768	1.0	51	12	3.99	7.61	0.00	1463.27	1.01	0.0000	26.4	17.26	573.6
10	그 외 기타 생활용품 도매업	3889	13839	2.2	208	55	2.37	5.23	0.00	868.78	0.00	0.0000	23.0	17.12	41.3
11	승강기 제조업	986	14803	61.3	2435	815	2.78	7.43	0.00	857.93	0.01	0.0000	57.1	15.68	142.2
12	단추 및 유사 파스너 제조업	350	1894	4.2	136	61	3.37	6.15	0.05	339.25	0.40	0.0000	27.9	14.92	682.9
13	섬유 원단, 실 및 기타 섬유제품 소매업	2580	8358	1.0	25	18	6.19	5.35	3.53	3.42	5.07	0.2330	15.7	14.89	26.6
14	배관 및 냉·난방장치 도매업	2824	6513	0.7	17	6	5.08	6.66	0.04	968.48	2.17	0.0000	16.4	14.76	3148.5
15	기타 조명장치 제조업	740	5498	4.2	131	44	2.14	4.47	0.01	632.33	0.17	0.0000	18.3	14.65	292.5

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-87〉 크실렌의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	3287.0	43,943	52450	0.95	0.0007	0.0000	4.7	1	4	25.50
2	강선 건조업	2,596	76,573	58.2	69,126	9458	12.25	0.0101	0.4841	61.2	3	4	13.89
3	선박 구성 부분품 제조업	3,256	52,409	203.0	58,554	9211	9.88	0.0006	0.0000	34.6	2	4	8.83
4	침구 및 관련제품 제조업	1,139	5,307	1.2	96	28	7.31	0.1184	1.8710	37.8	2	3	8.02
5	체인화 편의점	40,344	139,535	0.8	496	14	6.98	0.0002	0.0000	36.0	2	3	7.63
6	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	695.2	10,295	13030	1.56	0.0020	0.0390	8.2	1	4	6.50
7	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	688.7	8,241	9924	1.03	0.0011	0.0000	4.9	1	4	5.68
8	농림업용 기계 및 장비 도매업	1,188	2,785	1.0	35	23	3.28	0.0006	0.0000	22.9	2	3	4.58
9	코르크 및 조물 제품 제조업	67	211	1.3	13	22	7.96	0.0683	6.1730	21.2	2	3	4.20
10	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4,427	71,377	472.2	50,168	12448	0.60	0.0001	0.0000	3.4	1	4	3.68
11	가정용 및 장식용 도자기 제조업	359	1,900	3.3	333	108	2.18	0.0000	0.0000	17.9	2	3	3.46
12	승강기 제조업	986	14,803	61.3	2,435	815	2.78	0.0021	0.0141	15.7	2	4	3.38
13	아파트 건설업	3,082	330,427	446.0	117,109	10664	0.62	0.0000	0.0000	2.9	1	4	3.36
14	놀이터용 장비 제조업	70	487	2.3	60	32	5.10	0.0228	1.9560	17.3	2	3	3.30
15	인테리어 디자인업	1,607	4,768	1.0	51	12	3.99	0.0036	1.0142	17.3	2	3	3.28

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

14) 1,1,2,2-테트라클로로에탄(1,1,2,2-TCAE)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

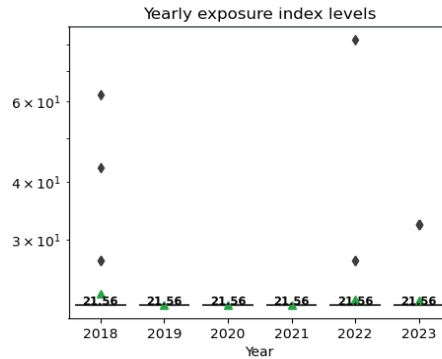
동물 및 인간에서 관찰된 간 손상을 줄이기 위해 1,1,2,2-TCAE에 대한 직업적 노출기준은 1 ppm이 권장된다. 이 값은 마취 및 위장 효과에 대한 넓은 보호 범위도 제공해야 합니다. 1,1,2,2-TCAE의 피부 흡수로 인한 전신 독성은 상대적으로 높은 노출 용량을 요구하는 것처럼 보이지만, 피부 접촉 후 전신 효과가 보고되었기 때문에 피부 표시는 적절하다고 간주된다. 주입을 통해 노출된 설치류에서 간 종양이 발생한 것을 근거로 A3(인간과의 관련성이 알려지지 않았으나, 동물에서 발암성이 밝혀진 물질)로 분류되었다. 감작성 표시나 단시간 노출기준을 권장할 만한 충분한 데이터는 없었다.

주로 세정 및 추출 공정의 용매로, 그리고 트리클로로에틸렌 및 테트라클로로에틸렌 제조의 화학 중간체로 널리 사용되었다. 그러나 독성이 높고 덜 유독한 용매와 새로운 염화 에틸렌 제조 공정의 도입으로 인해 1,1,2,2-TCA의 제조와 사용은 상당히 제한되었다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 557건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 0건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.6~1 ppm) 자료 2건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 555건이었으며, 불검출 값은 552건(99.5%)이었다.

연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 99.5%로 대부분이 불검출이었다. 불검출을 대체한 값이 21.56%여서 산술평균과 기하평균이 약 22% 수준으로 계산되었다. 검출된 값이 많지 않았고, 검출된 최소값이 노출 기준대비 약 40% 수준이었기 때문에 불검출을 대체한 값이 크게 나타났다.



[그림 III-14] 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

검출된 값은 총 3건이었으며, '18년 2건(노출지수 43~62%)과 '22년 1건(노출지수 82%)이 있었다. 위의 그림에서 6개의 좌표 중 3개는 불검출임에도 보정된 노출기준으로 대체된 값을 나누어 주면서 발생한 포인트이다.

측정건수가 많았던 15개 업종의 순서는 아래의 표와 같았으며, 연구개발업에서 측정이 많았다. 표준편차가 표기된 3개 업종에서만 1건씩 검출된 값이 있었다. 대부분이 불검출이기 때문에 기하평균 상위 15개 세세업종 및 95% tile이 높은 15개 업종에 대한 표는 의미가 없어서 제시하지 않았다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 -0.43~4.33이었다. 주요 등급은 4등급 1개 업종, 3등급 2개 업종, 2등급 9개 업종, 1등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출 등급은 모두 2등급이었다.

〈표 III-88〉 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	57	55	96.5	22.84	6.09	22.4077	1.19	21.5600	21.5600	62.16	26.95
2019	90	90	100.0								
2020	81	81	100.0								
2021	101	101	100.0								
2022	118	117	99.2	22.16	5.60	21.8880	1.13	21.5600	21.5600	81.97	21.56
2023	108	108	100.0								
합계	555	552	99.5	21.92	3.40	21.7946	1.09	21.5600	21.5600	81.97	21.56

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-89〉 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 측정건수 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	기타 공학 연구개발업	1395	37470	3.8	3201	102	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
2	합성섬유 제조업	271	8399	4.8	3463	79	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
3	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	1.7	388	45	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
4	산업 단체	1550	12101	1.7	649	39	23.11	9.67	22.3111	1.24	21.5600	21.5600	82.0
5	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	1.2	142	39	23.98	7.26	23.3353	1.23	21.5600	21.5600	62.2
6	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	1.8	1252	32	22.23	3.81	22.0321	1.13	21.5600	21.5600	43.1
7	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	96	446	0.8	879	28	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
8	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	2.0	462	24	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
9	플라스틱 필름 제조업	1472	17435	1.0	78	21	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
10	특수사 및 코드직물 제조업	24	214	1.0	1079	20	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
11	화학섬유 방직업	254	5337	1.0	547	19	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
12	종합병원	188	39908	0.8	325	18	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
13	그 외 기타 보건업	667	14342	0.5	33	12	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
14	보건 및 복지 행정	298	3290	0.3	25	10	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6
15	합성고무 제조업	197	3339	0.8	117	9	21.56		21.5600	1.00	21.5600	21.5600	21.6

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-90〉 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	1.2	142	39	23.98	23.34	21.56	32.3	2	4
2	합성섬유 제조업	271	8,399	4.8	3,463	79	21.56	21.56	21.56	21.6	2	2
3	기타 공학 연구개발업	1,395	37,470	3.8	3,201	102	21.56	21.56	21.56	21.6	2	2
4	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	210	15,108	0.2	11	2	26.95	26.95	26.95	27.0	2	3
5	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	0.2	45	2	26.95	26.95	26.95	27.0	2	3
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	2.0	462	24	21.56	21.56	21.56	21.6	2	2
7	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6,321	1.8	1,252	32	22.23	22.03	21.56	21.6	2	2
8	산업 단체	1,550	12,101	1.7	649	39	23.11	22.31	21.56	21.6	2	2
9	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12,890	1.7	388	45	21.56	21.56	21.56	21.6	2	2
10	화학섬유 방직업	254	5,337	1.0	547	19	21.56	21.56	21.56	21.6	2	2
11	특수사 및 코드직물 제조업	24	214	1.0	1,079	20	21.56	21.56	21.56	21.6	2	2
12	플라스틱 필름 제조업	1,472	17,435	1.0	78	21	21.56	21.56	21.56	21.6	2	2
13	합성고무 제조업	197	3,339	0.8	117	9	21.56	21.56	21.56	21.6	2	1
14	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	96	446	0.8	879	28	21.56	21.56	21.56	21.6	2	1
15	종합병원	188	39,908	0.8	325	18	21.56	21.56	21.56	21.6	2	1

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

15) 톨루엔

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

톨루엔은 주로 원유 정제를 통해 생산되는 무색의 유기 화학 물질이다. 이 물질은 용매로 사용되며 플라스틱 등의 다른 화합물 생산에 사용된다. 톨루엔은 휘발유와 고무의 구성 요소이기도 하다. 톨루엔은 동물 실험, 인간 연구, 역학 연구 등이 잘 연구된 화합물이다. 톨루엔 증기는 폐를 통해 흡수되며, 체내에 들어가면 잘 분포되고, 호흡과 소변을 통해 배설되며, 히푸르산으로 대사되어 소변으로 배출된다.

톨루엔 남용에 대한 여러 사례 보고서가 있으며, 이는 사망, 중추신경계(CNS) 증상, 심장, 신장 및 간 독성, 태아 알코올 유사 증후군을 유발하는 것으로 문서화되었다. 실험 지원자들이 하루 작업 시간 동안 100 ppm 이상의 톨루엔에 노출되면 중독 및 작업 능력 저하를 보고하였다. 많은 역학 연구에서 역사적으로 높은 농도의 톨루엔에 노출된 로토그래브 인쇄기 작업자들에서 다양한 영향을 보고했다. 이러한 연구에서는 신경행동, 색상 시각, 생식 및 발달 변화가 주로 톨루엔의 누적 노출과 관련이 있다고 보고되었다.

여성 근로자의 자연 유산 가능성과 청황색 시각의 아임상적 변화를 보호하기 위해 TWA 20 ppm이 권장된다. 미국 국립 독성 프로그램(NTP)은 톨루엔을 평생 1,200 ppm까지 흡입한 쥐와 생쥐에서 발암 활동의 증거가 없다고 결론지었으므로, 톨루엔에는 , 즉 인간 발암성 분류 불가(A4)라는 표기가 지정되었다. 톨루엔이 피부를 통해 잘 흡수되지 않는다는 점이 입증되었으므로, 피부 표시는 필요하지 않다. 감작성 표기를 지정하거나 단시간 노출기준을 권장할 정보는 없다.

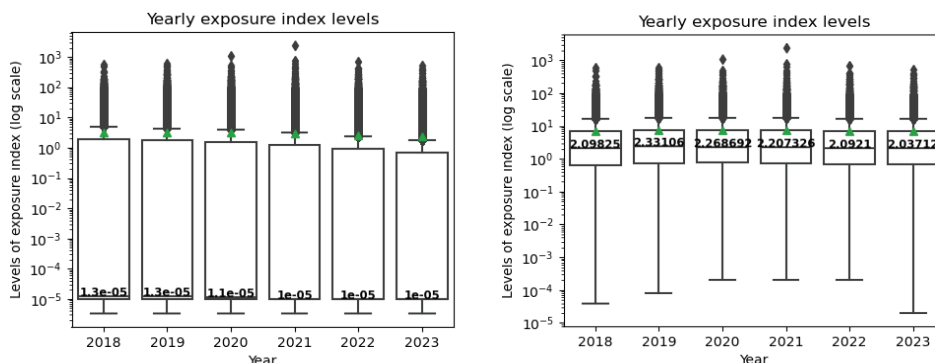
톨루엔은 주로 원유를 정제하여 휘발유 및 기타 연료를 생산하는 과정에서 주로 생성된다. 북남미의 토루 나무에서도 매우 소량 발견된다. 톨루엔은 휘발유, 페인트, 잉크, 래커, 페인트 희석제, 접착제, 손톱 매니큐어, 세정제,

고무의 구성 요소이다. BTX(벤젠, 톨루엔, 자일렌의 혼합물)는 옥탄가를 높이기 위해 휘발유에 첨가된다. 톨루엔은 벤젠, 트리니트로톨루엔(TNT), 나일론, 플라스틱, 폴리우레탄을 생산하는 데 사용된다. 미국에서 톨루엔은 1994년에 9억 3,100만 갤런(3.5×10^9 리터) 생산되어 생산량 기준 상위 50개 화학 제품 중 27위를 차지했다. 20세기 초, 톨루엔은 석탄 가스화 과정에서 생성된 콜타르로부터 유래했으나, 현재는 대부분 석유 촉매 전환 과정에서 분리된다. 톨루엔은 한때 구충제로서 회충 및 구충을 치료하는 데 사용되기도 했다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 491,853건이며, 물질명 오류 11건, 횡수조정 382건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 343건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 33.3~50 ppm) 자료 516건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 490,601건이었으며, TWA로 평가된 자료는 488,675건, STEL로 평가된 자료는 1,926건이었다. 불검출 자료는 TWA에서 291,409건(59.6%)이었고, STEL에서 1,021건(53.0%)이었다.

연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 59.6% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 2.88%였으며, 기하평균은 0.0014% 였다. 매년 노출기준을 초과하는 측정값은 있었으며, 95% 상위 노출지수는 평균 16.53% 였다.



[그림 III-15] 톨루엔의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.3% 미만 이었고, 95% tile은 최대 46.2%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 10개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 139% 수준으로 노출 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 10~50% 범위는 3개 업종, 나머지 업종은 1~10% 범위에 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출 지수는 510% 였다. 나머지 14개 업종은 50~100% 범위의 95% tile을 가졌다. 다른 물질들에 비교해서 비교적 노출지수 수준이 높음을 알수 있다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 2.31~24.94 이었다. 주요 등급은 4등급 9개 업종, 3등급 3개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 4등급 1개, 3등급 5개, 2등급 6개, 1등급 3개 업종이었다.

〈표 III-91〉 툴루엔의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	75893	39298	51.8	3.29	10.04	0.0035	486.44	0.0000	0.0000	581.18	18.22
2019	79974	44695	55.9	3.24	10.79	0.0023	486.46	0.0000	0.0000	608.48	18.16
2020	79726	46312	58.1	3.10	10.67	0.0018	479.23	0.0000	0.0000	1074.58	17.46
2021	80034	48340	60.4	2.92	13.26	0.0013	443.42	0.0000	0.0000	2412.00	16.92
2022	85620	54611	63.8	2.54	9.36	0.0009	385.22	0.0000	0.0000	691.89	14.71
2023	89354	59174	66.2	2.33	8.48	0.0006	345.85	0.0000	0.0000	528.23	13.59
합계	490601	292430	59.6	2.88	10.50	0.0014	444.12	0.0000	0.0000	2412.00	16.53

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-92〉 틀루엔의 측정건수 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	자동차 종합 수리업	7841	46581	3217.5	42480	50997	1.83	4.42	0.0048	429.64	0.0768	0.0000	223.4
2	기타 인쇄업	5377	35293	653.0	16231	14023	11.27	19.40	0.2084	367.74	3.4094	0.0000	412.1
3	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	708.3	10081	13111	4.59	11.44	0.0418	401.74	1.0526	0.0000	540.7
4	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	519.2	50498	13070	2.68	7.73	0.0026	456.86	0.0000	0.0000	195.0
5	원유 정제처리업	47	5043	24.8	11998	11457	0.07	1.57	0.0000	7.30	0.0000	0.0000	129.4
6	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	282.8	19249	11315	2.92	13.24	0.0006	354.17	0.0000	0.0000	493.1
7	아파트 건설업	3082	330427	425.0	111685	11182	0.79	3.77	0.0001	123.06	0.0000	0.0000	83.7
8	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	149.8	6647	9915	2.90	7.24	0.0077	466.02	0.2190	0.0000	185.5
9	자동차 전문 수리업	9354	26752	669.7	7818	9485	2.01	4.73	0.0076	414.12	0.2340	0.0000	95.7
10	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	70.3	12831	9376	0.14	1.40	0.0000	20.34	0.0000	0.0000	73.0
11	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	274.2	16660	9315	2.66	9.20	0.0009	385.81	0.0000	0.0000	187.4
12	강선 건조업	2596	76573	54.0	70175	9034	1.98	9.14	0.0004	260.65	0.0000	0.0000	223.0
13	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57184	35.7	297767	8270	1.38	4.27	0.0012	331.03	0.0000	0.0000	71.1
14	선박 구성 부품품 제조업	3256	52409	185.0	43524	7660	0.93	3.92	0.0003	184.80	0.0000	0.0000	90.1
15	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	274.3	41265	7298	2.47	7.31	0.0013	412.00	0.0000	0.0000	107.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-93〉 툴루엔의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입**		작업환경측정*		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	오락 및 스포츠용 보트 건조업	41	115	0.3	2	4	255.85	250.49	139.31	3.39	231.53	32.1106	528.2	510.30	1040.3
2	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 도매업	2465	7941	0.5	9	8	16.58	13.24	12.89	2.04	13.73	3.9325	45.9	36.96	41.8
3	전자상거래 소매업	23512	73136	0.3	1	3	14.65	8.18	12.50	1.86	19.14	5.2092	19.6	19.56	34.6
4	자전거 및 환자용 차량 제조업	102	520	0.2	1	1	11.55		11.55	1.00	11.55	11.5516	11.6	11.55	11.6
5	생활용 가구 도매업	2324	7174	0.3	3	2	26.16	36.48	4.38	11.86	26.16	0.3692	52.0	49.37	256.1
6	의료용품 도매업	1818	5432	0.3	2	4	5.40	5.27	4.08	1.99	2.91	2.4672	13.3	11.76	12.6
7	산업용 세탁업	591	5712	1.0	33	24	7.57	6.52	3.14	16.51	5.67	0.0000	29.0	14.32	316.3
8	한복 제조업	205	470	0.5	5	8	31.09	29.29	3.04	146.87	23.37	0.0000	73.5	70.19	11165.8
9	공작용 기계 및 장비 도매업	782	2365	0.2	3	1	2.78		2.78	1.00	2.78	2.7844	2.8	2.78	2.8
10	의복 액세서리 및 모조 장신구 도매업	3377	16244	0.3	3	6	2.41	0.72	2.33	1.30	2.24	1.7229	3.6	3.43	3.6
11	구두류 제조업	540	3642	24.5	743	723	18.89	21.36	2.27	98.34	10.95	0.0000	113.5	67.72	4315.2
12	의복 및 기타 가정용 직물제품 수리업	262	715	1.7	25	34	13.73	23.32	2.26	56.64	9.94	0.0000	137.5	25.95	1728.3
13	오프셋 인쇄업	226	679	39.3	657	577	17.36	21.11	2.08	101.31	10.39	0.0000	172.6	59.23	4149.3
14	기타 방직업	152	2056	0.5	5	18	7.89	13.41	1.93	23.91	3.51	0.0000	58.2	22.38	358.2
15	방사성 폐기물 수집, 운반 및 처리업	9	250	0.5	59	10	3.05	3.51	1.63	3.29	1.89	0.2372	11.6	8.92	11.5

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-94〉 툴루엔의 95%tile 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	오락 및 스포츠용 보트 건조업	41	115	0.3	2	4	255.85	250.49	139.31	3.39	231.53	32.1106	528.2
2	한복 제조업	205	470	0.5	5	8	31.09	29.29	3.04	146.87	23.37	0.0000	73.5
3	구두류 제조업	540	3642	24.5	743	723	18.89	21.36	2.27	98.34	10.95	0.0000	113.5
4	사무용 가구 및 기기 도매업	2133	6669	5.7	126	72	10.46	20.72	0.05	588.26	1.36	0.0000	86.9
5	박판, 합판 및 유사 적층판 제조업	300	2912	29.5	1387	517	10.71	20.89	0.01	931.33	0.00	0.0000	138.4
6	생활용 포장 및 위생용품, 봉투 및 유사 제품 도매업	1356	4469	6.8	127	103	19.20	19.42	1.21	212.41	12.90	0.0000	74.2
7	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	1100	6387	76.3	1537	1216	16.82	25.49	0.76	233.90	7.65	0.0000	273.5
8	벽지 및 장판지 제조업	78	1258	14.5	741	430	13.62	25.91	0.15	433.07	1.44	0.0000	306.9
9	오프셋 인쇄업	226	679	39.3	657	577	17.36	21.11	2.08	101.31	10.39	0.0000	172.6
10	종이 포대 및 가방 제조업	309	2813	8.7	193	181	14.92	18.45	1.03	152.74	6.31	0.0000	74.3
11	직물포대 제조업	173	1146	12.7	350	172	10.75	20.36	0.06	609.38	1.67	0.0000	158.8
12	기타 종이 상자 및 용기 제조업	555	2905	20.0	387	343	12.80	22.91	0.31	298.74	3.60	0.0000	199.0
13	문구용품, 회화용품, 사무용품 도매업	2522	8076	2.2	120	27	8.18	18.77	0.00	797.50	0.00	0.0000	74.1
14	종합 스포츠시설 운영업	645	5661	0.8	78	15	25.14	20.52	0.56	742.56	28.23	0.0000	57.8
15	그 외 기타 분류 안된 운송관련 서비스업	2318	22352	5.2	195	145	10.71	18.62	0.03	856.24	1.25	0.0000	92.1
													52.41
													2101.8

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-95〉 틀루엔의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	3,217.5	42,480	50997	1.83	0.0048	0.0768	8.8	1	2	24.94
2	오락 및 스포츠용 보트 건조업	41	115	0.3	2	4	255.85	139.3094	231.5251	510.3	4	3	22.31
3	기타 인쇄업	5,377	35,293	653.0	16,231	14023	11.27	0.2084	3.4094	46.2	2	4	6.52
4	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	708.3	10,081	13111	4.59	0.0418	1.0526	21.9	2	4	5.86
5	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	669.7	7,818	9485	2.01	0.0076	0.2340	9.2	1	2	4.98
6	그 외 자동차용 부품 부품 제조업	4,427	71,377	519.2	50,498	13070	2.68	0.0026	0.0000	14.9	2	4	4.06
7	아파트 건설업	3,082	330,427	425.0	111,685	11182	0.79	0.0001	0.0000	3.3	1	2	2.80
8	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	1,100	6,387	76.3	1,537	1216	16.82	0.7552	7.6514	60.6	3	4	2.65
9	플라스틱 필름 제조업	1,472	17,435	182.2	7,129	5274	8.55	0.0487	1.3435	41.7	2	4	2.63
10	기타 목재 가구 제조업	3,866	17,812	229.2	3,734	3501	7.05	0.0872	1.8311	32.6	2	4	2.58
11	구두류 제조업	540	3,642	24.5	743	723	18.89	2.2747	10.9468	67.7	3	4	2.56
12	한복 제조업	205	470	0.5	5	8	31.09	3.0430	23.3670	70.2	3	3	2.48
13	박판, 합판 및 유사 적층판 제조업	300	2,912	29.5	1,387	517	10.71	0.0088	0.0000	62.9	3	4	2.38
14	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	763	7,777	120.3	3,611	3530	12.96	0.1271	2.2882	46.7	2	4	2.37
15	사무용 가구 및 기기 도매업	2,133	6,669	5.7	126	72	10.46	0.0495	1.3553	65.3	3	3	2.31

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

16) 톨루엔-2,4-다이소시아네이트(2,4-TDI)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

톨루엔 다이소시아네이트(TDI)에 대한 직업적 노출에 대한 시간가중 평균 노출기준 0.001 ppm 과 단시간 노출기준 0.005 ppm 이 권장된다. 이러한 값은 인간 데이터를 기반으로 하며, TDI가 감작제로 작용하여 직업성 천식을 유발할 수 있음을 보여준 동물 데이터에 의해 지지된다. 최근 몇 년 동안 이 소시아네이트 유발 직업성 천식에 대한 근로자 보상 청구 건수가 감소하는 추세에 보고되었다(Buyantseva et al., 2011; Paris et al., 2012; Vandenplas et al., 2011). 이러한 결과는 제어 조치가 이소시아네이트 유발 천식 발생률을 줄이는 데 효과적일 수 있음을 시사한다. 그러나 노출된 근로자의 수에 대한 분모 데이터 부족, 정량적 노출 이력 부족, 진단 기준의 차이로 인해 이러한 결과는 시사적인 것으로 간주될 수 있다. 그러나 TDI에 노출된 근로자에 대한 호흡기 연구에서는 작업장에서 TDI 노출 수준이 감소함에 따라 TDI 유발 천식의 연간 발생률이 감소했다고 보고되었다. TDI 유발 천식 발생률은 1961-1970년 기간의 5.6%에서 1967-1979년 기간의 1.8%, 그리고 1980-1996년 기간의 0.7%로 감소했다. 이러한 발생률은 각각 0.02 ppm 이상, 0.0034-0.01 ppm, 0.0003-0.0027 ppm 농도와 대응한다. 136명의 TDI에 직업적으로 노출된 근로자들 중 작업장 평균 농도가 1 ppb 미만일 때 더 많은 눈 및 하기도 증상과 코피가 보고되었다. TLV-TWA 0.001 ppm에서 추가 감소가 예상되지만, 새로운 TDI 유발 천식 사례가 완전히 제거되지 않을 수 있다. 또한 TDI에 감작된 근로자는 TWA와 STEL에 의해 보호되지 않을 수 있으며, 별도의 주의가 필요하다는 점을 인식하는 것이 중요하다. 이 문서 전반에서 시간 가중 평균 농도와 관련된 건강 영향이 단일 또는 여러 피크 노출의 발생에 의해 영향을 받을 수 있음을 인정하고 있다.

Wegman et al. (1974)는 폴리우레탄 제조 공장에서 TDI에 0.002-0.003

ppm 노출된 근로자들 사이에서 FEV1 감소를 보고했다. 0.005 ppm까지 TDI에 노출된 직원들에 대한 최근의 종단 연구에서는 지속적인 의료 감시와 함께 FEV1 손실 가속화에 대한 일관된 증거를 제공하지 않았다. 따라서 STEL 0.005 ppm이 권장된다. STEL은 또한 피크 노출의 수와 크기를 최소화하기 위한 것이다.

TDI에는 A3, 즉 인간과 관련성이 불명확한 동물 발암성 확인 표기가 부여되었다. 쥐와 생쥐를 대상으로 한 흡입 연구에서는 최대 0.15 ppm에 노출되었을 때 종양 증가가 없었다. 그러나 쥐와 생쥐를 대상으로 한 경구 가바지 노출에서는 일부 종양 증가가 나타났다. 이러한 종양은 위장관의 산성 환경에서 형성된 톨루엔 다이아민의 결과일 가능성이 있으며, TDI의 흡입 노출로는 발생하지 않을 것으로 예상된다. 따라서 이는 흡입 노출에 직업적으로 노출된 근로자에게는 관련이 없을 수 있다. 유전독성 연구의 결과는 TDI가 유전독성이라는 증거를 거의 제공하지 않는다.

역학적 증거는 세 개의 직업 코호트 연구에서 여성 근로자 사이에서 폐암 증가를 시사하였다. 그러나 이러한 코호트에서 남성 사이에서는 유사한 폐암 발현이 없었고, 메틸렌 비스페닐 이소시아네이트(MDI), 메틸렌 클로라이드, 및/또는 폴리우레탄 먼지에 대한 동시 노출, 그리고 노출-반응관계의 부족은 TDI 노출과 폐암 사이의 인과 관계를 지지하지 않는다.

인간과 동물에서의 감각에 대한 많은 보고서는 호흡기 감작성(RSEN) 및 피부 감작성(DSEN) 표기의 추가를 정당화한다. 또한, 피부 표기는 이 경로로 인해 발생하는 호흡기 과민반응 유도를 포함하는 시스템적 반응 때문에 타당하다.

이소시아네이트, 특히 TDI는 폴리우레탄 플라스틱, 코팅 및 엘라스토머 제조에 자주 사용된다. 완성된 제품은 부드럽고 스펀지 같은 것부터 단단하고 다공성인 것까지 다양하다. 완성된 폴리우레탄 폼은 생물학적으로 비활성이며, 가구, 포장재, 단열재 및 보트 제작 등 많은 용도로 널리 사용된다. 폴리

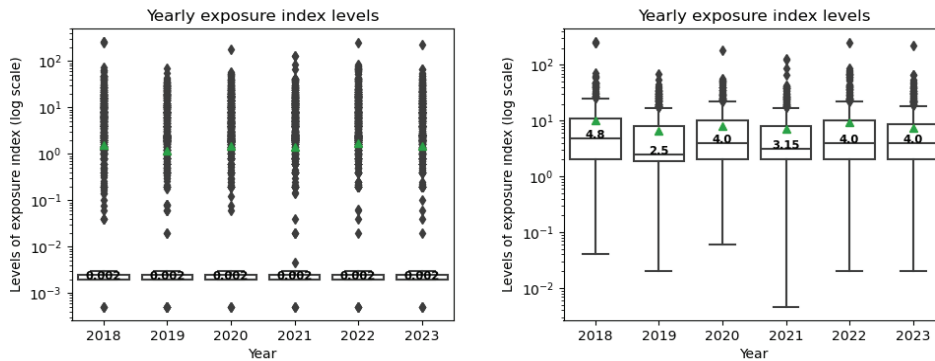
우레탄 코팅은 가죽, 와이어, 탱크 라이닝 및 벽돌에 사용하기에 많은 바람직한 특성을 가지고 있다. 엘라스토머는 마모 및 용매 저항성이 있어 접착제, 필름, 라이닝, 연마 휠 및 기타 기계 부품에 사용된다. 직장에서의 TDI 흡입 노출의 대부분은 유출, 샘플 채취, 잔여물 제거 및 장비 유지보수 시 발생하는 방출로 인해 발생한다. 폴리우레탄 폼과 같은 폴리머에서 반응하지 않은 이성질체의 가스 배출은 낮은 수준의 노출을 초래할 수 있다. 2008년 미국의 TDI 수요는 4억 2520만 파운드였다(ACC, 2009). 매년 미국에서 10억 톤 이상의 TDI가 생산되는 것으로 추정되었으며(IARC, 1999), 약 4만 명의 미국 근로자가 TDI에 잠재적으로 노출되었다(CHIP, 1984; IARC, 1999).

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 20,731건이며, 물질명 오류 4건, 횡수조정 33건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 8건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.6~1 ppm) 자료 151건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 20,535건이었으며, TWA 평가자료 20,502건, STEL 평가자료 33건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 16,747건(81.7%)이었고, STEL 자료에서 25건(75.8%)이었다. STEL 평가(기준 0.02 ppm)에서 검출된 농도값은 0.00006~0.0035 ppm이었고, TWA 0.005 ppm 을 초과하는 값은 없었다.

연도별 측정건수는 감소하고 있었고, 불검출율은 81.7% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 1.47%였으며, 기하평균은 0.082% 였다. '19년을 제외하고 매년 노출기준을 초과하는 값이 있었으며, 95% tile은 평균 8% 수준이었다.

'19년 노출지수가 '22년 노출지수에 비해서 유의하게 낮았고($p=0.005$), 나머지 연도는 유의한 차이가 없었다.



[그림 III-16] 2,4-TDI의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.02% 미만이었고, 95% tile은 최대 21.74%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 2개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 15.89% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 7개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위는 2개 업종, 12개 업종은 0.1~1% 범위에 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 43.58% 였다. 나머지 14개 업종은 20~44% 범위의 95% tile을 가졌다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.10~8.77이 었다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 5개 업종, 2등급 2개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 11개, 1등급 4개 업종이었다.

〈표 III-96〉 2,4-TDI의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	3430	2905	84.7	1.56	9.18	0.0067	16.56	0.0020	0.0005	260.00	8.00
2019	3403	2813	82.7	1.15	4.44	0.0074	16.77	0.0020	0.0005	70.00	6.82
2020	3458	2824	81.7	1.49	6.04	0.0084	19.45	0.0020	0.0005	180.00	9.21
2021	3403	2737	80.4	1.39	5.63	0.0088	19.77	0.0020	0.0005	130.00	8.00
2022	3443	2797	81.2	1.73	7.97	0.0085	20.03	0.0020	0.0005	253.40	10.00
2023	3398	2696	79.3	1.51	6.29	0.0097	21.53	0.0020	0.0005	224.40	9.11
합계	20535	16772	81.7	1.47	6.78	0.0082	19.00	0.0020	0.0005	260.00	8.00

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-97〉 2,4-TDI의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	57.5	4754	1745	2.82	10.10	0.0136	30.39	0.0020	0.0005	180.0	16.80	3.7516
2	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	33.7	3540	1416	1.31	4.75	0.0092	20.04	0.0020	0.0020	70.0	8.00	1.2688
3	아파트 건설업	3082	330427	70.7	22832	1184	0.84	3.38	0.0054	12.80	0.0020	0.0020	37.6	4.80	0.3581
4	계면활성제 제조업	292	3907	10.5	1436	960	0.39	2.30	0.0031	5.44	0.0020	0.0020	30.0	0.01	0.0504
5	접착제 및 젤라틴 제조업	490	5391	24.2	668	777	1.25	4.80	0.0075	17.41	0.0020	0.0020	49.4	8.00	0.8233
6	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	37.8	3101	773	1.59	4.65	0.0107	23.19	0.0025	0.0020	44.0	10.45	1.8790
7	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1130	13047	24.3	1399	705	4.17	18.83	0.0171	34.09	0.0023	0.0020	260.0	21.74	5.6763
8	기타 인쇄업	5377	35293	25.3	1741	697	0.92	3.04	0.0085	17.29	0.0023	0.0020	40.0	6.00	0.9278
9	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	22.7	3169	620	1.93	6.44	0.0107	24.81	0.0020	0.0020	60.0	12.51	2.1134
10	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	6.0	1736	555	1.84	5.20	0.0173	32.29	0.0020	0.0005	62.2	10.02	5.2533
11	자동차 종합 수리업	7841	46581	31.8	933	529	0.27	1.49	0.0036	6.79	0.0020	0.0020	24.4	2.00	0.0831
12	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	5.3	703	520	1.11	3.93	0.0103	22.02	0.0020	0.0020	66.0	6.00	1.6653
13	플라스틱 필름 제조업	1472	17435	13.8	1054	520	1.88	8.27	0.0080	18.80	0.0020	0.0020	78.0	8.00	0.9999
14	자동차 차체용 부품 제조업	4296	149959	16.2	3053	381	1.23	4.64	0.0067	16.01	0.0020	0.0020	44.6	8.00	0.6429
15	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	20.0	5524	335	0.62	3.24	0.0040	8.22	0.0022	0.0020	32.0	2.13	0.1289

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-98〉 2,4-TDI의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	승강기 제조업	986	14803	0.7	22	10	19.30	11.50	15.89	1.93	19.33	6.0000	38.9
2	콘크리트 관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업	577	6209	0.2	83	2	8.30	2.69	8.08	1.26	8.30	6.4000	10.2
3	운송장비 조립용 플라스틱제품 제조업	248	2663	0.3	32	6	3.95	2.76	1.26	16.24	3.95	0.0026	7.9
4	감광 재료 및 관련 화학제품 제조업	83	1522	0.3	4	8	1.15	0.46	1.06	1.50	1.20	0.6000	1.8
5	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	1437	15949	1.0	64	26	12.72	15.51	0.52	72.39	6.38	0.0025	54.5
6	매트리스 및 침대 제조업	201	1636	2.0	131	19	7.58	10.36	0.26	63.06	2.00	0.0020	30.0
7	화장품 제조업	1674	31472	0.8	344	12	5.15	6.64	0.22	56.77	1.90	0.0020	20.0
8	비주거용 건물 임대업	13234	25986	0.3	8	3	1.73	2.34	0.19	27.12	0.80	0.0020	4.4
9	인형 및 장난감 제조업	394	1802	0.7	7	8	1.88	1.74	0.19	33.70	2.20	0.0020	4.3
10	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	342	2709	1.0	61	18	6.92	11.60	0.18	55.39	0.87	0.0020	42.9
11	위험 물품 보관업	41	809	0.8	83	25	5.22	7.01	0.15	64.77	1.80	0.0020	24.6
12	기타 건축용 나무제품 제조업	524	3229	0.5	8	6	8.55	19.30	0.11	53.13	0.80	0.0021	47.9
13	면직물 직조업	307	2293	0.3	4	6	4.00	5.46	0.11	58.47	1.10	0.0020	12.0
14	표면 가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	579	3631	1.7	23	21	4.85	9.14	0.10	49.77	0.40	0.0020	30.2
15	도로 도매업	1202	3067	1.0	68	12	2.83	3.46	0.10	51.21	1.00	0.0020	10.0
													7.80
													65.4

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-99〉 2,4-TDI의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	1437	15949	1.0	64	26	12.72	15.51	0.52	72.39	6.38	0.0025	54.5	43.58	597.2
2	교량, 터널 및 철도 건설업	248	11450	2.0	164	25	6.87	13.90	0.06	65.39	0.00	0.0020	46.9	43.56	60.7
3	기타 건축용 나무제품 제조업	524	3229	0.5	8	6	8.55	19.30	0.11	53.13	0.80	0.0021	47.9	36.39	78.7
4	골판지 상자 및 가공제품 제조업	421	2618	0.7	41	8	7.50	17.52	0.02	57.77	0.00	0.0020	50.0	36.00	16.3
5	승강기 제조업	986	14803	0.7	22	10	19.30	11.50	15.89	1.93	19.33	6.0000	38.9	34.89	46.9
6	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	763	7777	8.7	383	285	3.05	8.77	0.02	34.62	0.00	0.0020	43.6	28.76	6.1
7	매트리스 및 침대 제조업	201	1636	2.0	131	19	7.58	10.36	0.26	63.06	2.00	0.0020	30.0	28.20	241.4
8	주형 및 금형 제조업	9288	57188	1.8	27	32	4.55	9.96	0.06	45.78	0.00	0.0020	39.6	28.05	33.0
9	표면 가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	579	3631	1.7	23	21	4.85	9.14	0.10	49.77	0.40	0.0020	30.2	27.20	62.7
10	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	342	2709	1.0	61	18	6.92	11.60	0.18	55.39	0.87	0.0020	42.9	24.64	133.4
11	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀 기기 제조업	631	8365	1.3	244	47	3.32	7.08	0.04	48.44	0.00	0.0020	26.8	23.80	25.0
12	그 외 기타 고무제품 제조업	1780	15030	9.5	366	130	6.76	30.83	0.03	45.08	0.00	0.0020	253.4	23.73	14.1
13	연사 및 가공사 제조업	916	4563	1.0	19	14	4.86	9.98	0.07	59.29	0.00	0.0020	36.0	23.00	54.3
14	기타 육상 운송지원 서비스업	1320	8768	0.5	100	12	3.98	9.60	0.02	41.30	0.00	0.0020	31.8	21.82	7.7
15	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1130	13047	24.3	1399	705	4.17	18.83	0.02	34.09	0.00	0.0020	260.0	21.74	5.7

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-100〉 2,4-TDI의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	아파트 건설업	3,082	330,427	70.7	22,832	1184	0.84	0.0054	0.0020	4.8	1	2	8.77
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	57.5	4,754	1745	2.82	0.0136	0.0020	16.8	2	4	8.55
3	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	37.8	3,101	773	1.59	0.0107	0.0025	10.5	2	4	5.19
4	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1,130	13,047	24.3	1,399	705	4.17	0.0171	0.0023	21.7	2	4	4.84
5	교량, 터널 및 철도 건설업	248	11,450	2.0	164	25	6.87	0.0626	0.0028	43.6	2	3	4.65
6	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	1,437	15,949	1.0	64	26	12.72	0.5211	6.3782	43.6	2	3	4.52
7	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	33.7	3,540	1416	1.31	0.0092	0.0020	8.0	1	4	4.34
8	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	763	7,777	8.7	383	285	3.05	0.0180	0.0020	28.8	2	4	3.67
9	기타 건축용 나무제품 제조업	524	3,229	0.5	8	6	8.55	0.1142	0.8014	36.4	2	3	3.56
10	골판지 상자 및 가공제품 제조업	421	2,618	0.7	41	8	7.50	0.0206	0.0020	36.0	2	3	3.53
11	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	22.7	3,169	620	1.93	0.0107	0.0020	12.5	2	4	3.47
12	승강기 제조업	986	14,803	0.7	22	10	19.30	15.8907	19.3333	34.9	2	3	3.39
13	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	31.8	933	529	0.27	0.0036	0.0020	2.0	1	2	3.35
14	그 외 기타 고무제품 제조업	1,780	15,030	9.5	366	130	6.76	0.0268	0.0020	23.7	2	4	3.15
15	점착제 및 젤라틴 제조업	490	5,391	24.2	668	777	1.25	0.0075	0.0020	8.0	1	4	3.10

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

17) 톨루엔-2,6-다이소시아네이트(2,6-TDI)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

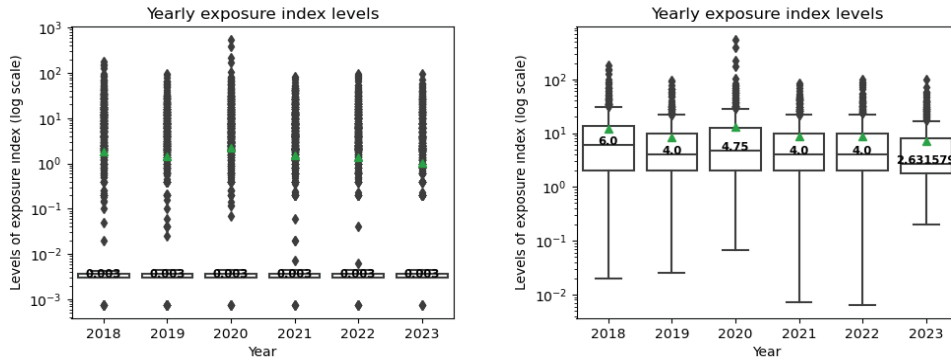
2,4-TDI와 동일함

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 18,650건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 33건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 13건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.6~1 ppm) 자료 82건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 18,522건이었으며, TWA 평가자료 18,487건, STEL 평가자료 35건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 15,496건(83.8%)이었고, STEL 자료에서 30건(85.7%)이었다. STEL 평가에서 검출된 농도값은 0.00002~0.00024 ppm 이었으며, TWA를 초과하는 값은 없었다.

연도별 측정건수는 큰 변화가 없었고, 불검출율은 83.8% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 1.57%였으며, 기하평균은 0.01% 였다. 불검출값을 대체한 값은 약 0.0008% 였다. '18년과 '20년에는 노출기준을 초과하는 값이 있었다.

비모수검정(Kruskal-wallis) 에서는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었으며 ($p < 0.001$), '20년 노출지수가 '18년을 제외한 다른 연도에 비해서 유의하게 높았다($p < 0.05$).



[그림 III-17] 2,6-TDI의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 최대 0.0372% 였으며, 95% tile은 최대 22.92%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 2개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 15.71% 수준이었다. 측정 건수가 10개 미만인 업종이 6개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위는 6개 업종, 8개 업종은 0.1~1% 범위에 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 69% 였다. 나머지 14개 업종은 26~59% 범위의 95% tile을 가졌다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 2.63~8.14 이었다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 4개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 4개, 2등급 6개, 1등급 5개 업종 이었다.

〈표 III-101〉 2,6-TDI의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	3017	2552	84.6	1.87	8.82	0.0099	15.50	0.0030	0.0008	180.00	10.80
2019	3082	2556	82.9	1.44	5.87	0.0107	15.72	0.0030	0.0008	96.00	8.17
2020	3123	2588	82.9	2.20	14.73	0.0112	17.09	0.0030	0.0008	542.40	10.53
2021	3093	2553	82.5	1.50	5.85	0.0109	15.97	0.0030	0.0008	82.44	8.00
2022	3132	2649	84.6	1.35	5.98	0.0095	14.14	0.0030	0.0008	98.00	7.37
2023	3075	2628	85.5	1.04	4.89	0.0085	12.07	0.0030	0.0008	97.40	5.00
합계	18522	15526	83.8	1.57	8.42	0.0101	15.04	0.0030	0.0008	542.40	8.00

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-102〉 2,6-TDI의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	51.5	3601	1588	2.34	8.80	0.0158	22.92	0.0030	0.0008	172.0
2	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	28.5	2676	1134	0.79	3.74	0.0073	10.14	0.0030	0.0008	67.5
3	아파트 건설업	3082	330427	63.3	20505	1074	0.87	3.93	0.0071	10.20	0.0030	0.0008	46.0
4	계면활성제 제조업	292	3907	8.3	1297	820	0.27	2.25	0.0038	3.26	0.0030	0.0008	35.0
5	접착제 및 젤라틴 제조업	490	5391	22.5	638	725	1.03	5.00	0.0073	10.56	0.0030	0.0030	49.0
6	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	34.8	2943	724	1.28	4.25	0.0119	16.29	0.0034	0.0030	50.0
7	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1130	13047	24.3	1399	697	6.14	30.22	0.0372	38.38	0.0034	0.0030	542.4
8	기타 인쇄업	5377	35293	23.5	1154	623	1.14	3.57	0.0121	15.88	0.0034	0.0030	32.5
9	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	4.8	1572	528	1.15	3.83	0.0097	15.18	0.0030	0.0008	30.0
10	자동차 종합 수리업	7841	46581	31.3	928	521	0.38	2.07	0.0055	6.78	0.0030	0.0030	24.0
11	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	5.2	685	518	0.98	6.22	0.0088	12.58	0.0030	0.0030	96.0
12	플라스틱 필름 제조업	1472	17435	13.8	1055	517	0.92	5.11	0.0091	12.26	0.0030	0.0030	80.8
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	20.3	2256	510	2.86	9.67	0.0161	23.84	0.0030	0.0030	82.0
14	자동차 차체용 부품 제조업	4296	149959	15.2	2917	363	0.49	1.72	0.0073	9.46	0.0030	0.0030	14.0
15	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	15.3	6790	351	0.15	0.97	0.0040	3.59	0.0030	0.0030	14.0

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-103〉 2,6-TDI의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	육상 금속 골조 구조재 제조업	3602	25631	0.3	4	6	16.29	4.91	15.71	1.31	15.16	11.4200	24.0	23.00	24.4
2	면직물 직조업	307	2293	0.3	4	6	8.10	7.73	5.24	2.61	4.70	1.6000	20.0	18.80	25.3
3	메모리용 전자집적회로 제조업	12	427	0.2	7	2	4.00		4.00	1.00	4.00	4.0000	4.0	4.00	4.0
4	승강기 제조업	986	14803	0.7	22	10	9.06	7.36	2.05	23.19	8.17	0.0042	22.2	19.42	360.7
5	기타 주변 기기 제조업	429	5424	1.0	16	11	13.29	13.77	1.37	45.39	7.40	0.0030	36.0	33.00	731.1
6	인형 및 장난감 제조업	394	1802	0.7	7	8	10.03	14.75	1.20	33.42	7.19	0.0030	45.2	32.90	385.3
7	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	183	1624	0.3	97	11	11.38	14.50	1.08	38.33	5.00	0.0030	37.5	35.00	433.2
8	그 외 기타 나무제품 제조업	1316	5830	1.5	20	35	9.30	11.97	0.51	54.77	5.00	0.0030	48.0	31.20	366.7
9	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	1268	14936	2.0	130	50	7.53	13.48	0.29	44.86	2.62	0.0030	55.0	36.66	152.9
10	기타 악기 제조업	143	653	0.2	12	3	2.00	2.00	0.29	25.56	2.00	0.0030	4.0	3.80	59.6
11	금속 절삭기계 제조업	1502	11736	2.5	468	39	7.59	15.33	0.29	43.09	1.20	0.0030	70.0	34.40	139.6
12	기타 부동산 임대업	7909	13917	0.3	3	2	12.77	18.05	0.29	89.44	12.77	0.0032	25.5	24.26	463.3
13	연마재 제조업	153	1546	1.3	12	37	2.87	3.53	0.28	28.25	1.59	0.0030	12.0	9.68	68.4
14	납시 및 수렴용구 제조업	202	1611	3.8	277	61	12.92	23.52	0.27	69.96	2.00	0.0030	126.6	55.40	292.7
15	매트리스 및 침대 제조업	201	1636	2.0	131	19	17.69	25.08	0.25	97.95	0.00	0.0030	78.0	69.00	468.7

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-104〉 2,6-TDI의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	매트리스 및 침대 제조업	201	1636	2.0	131	19	17.69	25.08	0.25	97.95	0.00	0.0030	78.0
2	표면 가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	579	3631	1.7	23	21	12.54	23.61	0.21	54.65	0.40	0.0030	70.5
3	낚시 및 수렵용구 제조업	202	1611	3.8	277	61	12.92	23.52	0.27	69.96	2.00	0.0030	126.6
4	기타 인쇄관련 산업	1204	6521	0.8	23	16	10.53	18.08	0.09	74.02	0.00	0.0030	54.0
5	기타 목재 가구 제조업	3866	17812	11.7	143	152	5.82	13.46	0.04	45.82	0.00	0.0030	78.0
6	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	1268	14936	2.0	130	50	7.53	13.48	0.29	44.86	2.62	0.0030	55.0
7	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	183	1624	0.3	97	11	11.38	14.50	1.08	38.33	5.00	0.0030	37.5
8	금속 절삭기계 제조업	1502	11736	2.5	468	39	7.59	15.33	0.29	43.09	1.20	0.0030	70.0
9	기타 주변 기기 제조업	429	5424	1.0	16	11	13.29	13.77	1.37	45.39	7.40	0.0030	36.0
10	인형 및 장난감 제조업	394	1802	0.7	7	8	10.03	14.75	1.20	33.42	7.19	0.0030	45.2
11	직조, 한성 및 특수 표면처리 종이 제조업	143	1907	2.0	446	49	3.66	10.39	0.01	21.79	0.00	0.0030	41.2
12	그 외 기타 나무제품 제조업	1316	5830	1.5	20	35	9.30	11.97	0.51	54.77	5.00	0.0030	48.0
13	장식용 목제품 제조업	266	950	1.3	9	14	6.77	17.52	0.03	48.86	0.00	0.0030	66.0
14	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	7.3	442	144	5.54	12.37	0.05	48.39	0.00	0.0030	98.0
15	주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업	2126	9519	5.2	423	118	3.85	8.98	0.06	37.24	0.00	0.0030	52.5
													26.16
													24.6

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-105〉 2,6-TDI의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※			노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$			
1	아파트 건설업	3,082	330,427	63.3	20,505	1074	0.87	0.0071	0.0030	4.0	1	2	8.14
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	51.5	3,601	1588	2.34	0.0158	0.0030	12.5	2	4	7.28
3	매트리스 및 침대 제조업	201	1,636	2.0	131	19	17.69	0.2487	0.0034	69.0	3	3	5.59
4	표면 가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	579	3,631	1.7	23	21	12.54	0.2117	0.4000	58.8	3	3	4.61
5	납시 및 수렴용구 제조업	202	1,611	3.8	277	61	12.92	0.2702	2.0000	55.4	3	4	4.60
6	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	34.8	2,943	724	1.28	0.0119	0.0034	8.0	1	4	4.55
7	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1,130	13,047	24.3	1,399	697	6.14	0.0372	0.0034	22.9	2	4	4.47
8	기타 목재 가구 제조업	3,866	17,812	11.7	143	152	5.82	0.0432	0.0030	40.5	2	4	4.32
9	기타 인쇄관련 산업	1,204	6,521	0.8	23	16	10.53	0.0861	0.0034	51.0	3	3	3.78
10	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	31.3	928	521	0.38	0.0055	0.0030	2.0	1	2	3.52
11	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	20.3	2,256	510	2.86	0.0161	0.0030	17.4	2	4	3.41
12	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	28.5	2,676	1134	0.79	0.0073	0.0030	4.0	1	2	3.31
13	기타 토목 시설물 건설업	25,370	259,316	17.3	4,993	281	2.67	0.0078	0.0032	20.0	2	4	3.23
14	기타 인쇄업	5,377	35,293	23.5	1,154	623	1.14	0.0121	0.0034	7.4	1	4	2.93
15	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	1,268	14,936	2.0	130	50	7.53	0.2931	2.6158	36.7	2	3	2.63

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

18) 트리클로로메탄 (클로로포름)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

직업적 노출을 최소화하기 위해 TLV-TWA 10 ppm이 권장되며, 이 값은 간 독성과 배태독성의 잠재성을 줄이기 위한 것이다. 또한, 이 값은 중추 신경계 억제 및 일부 동물 연구에서 관찰된 신장 또는 간암에 대한 잠재적인 보호를 위한 넓은 안전 마진을 제공한다. 발암성에 대한 A3, 즉 인간과 관련성이 불명확한 동물 발암성 확인 표기는 옥수수 기름에 혼합된 클로로포름으로 처리된 쥐에서 신장 상피 종양의 유의한 증가와 생쥐에서 간세포 암종의 유의한 증가를 보고한 연구에 기반한다. 피부 또는 감작성 표기나 단시간 노출기준값을 권장할 충분한 데이터는 제공되지 않았다.

화학 산업에서 원료로 사용되어 냉매용 플루오로카본, 수지, 플라스틱 등의 제조에 활용되었다. 또한, 추출제 및 산업용 용매로서, 특히 제약 산업에서 사용되었고, 과거에는 마취제로도 사용된 적이 있다.

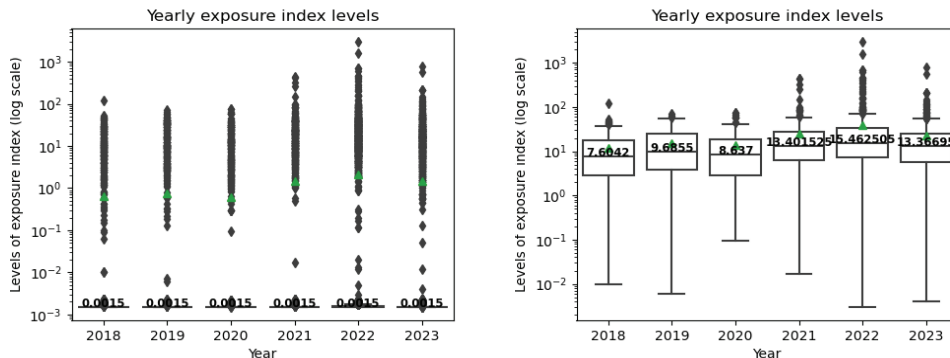
(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 38,254건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 5건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 30건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 6.6~10 ppm) 자료 24건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 38,195건이었으며, TWA 평가자료 였다. 불검출 값은 36,060건(94.4%)이었다.

연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 94.4% 였다. 특히 '22년 측정값이 많았는데, 이는 '21년 발생한 세척제 이슈에 대응해 세척공정에서 염소계 세척제를 모두 평가하도록 하였기 때문에 일시적으로 증가한 것으로 판단된다.

산술평균 노출수준은 노출기준의 1.42%였으며, 기하평균은 0.0025% 였다.

비모수검정(Kruskal-wallis)에서는 연도별로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었고($p < 0.001$), '22년 노출지수가 '18~'20년 노출지수에 비해서 유의하게 높았다.



[그림 III-18] 트리클로로메탄의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.005% 미만이었으며, 95% tile은 최대 11.68%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 2개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 68.39% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 10개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 50~100% 범위에 2개 업종, 10~50% 범위에 1개 업종, 1~10% 범위는 2개 업종, 0.1~1% 범위에 5개 업종, 0.01~0.1% 범위에 5개 업종이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% 상위 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 3개였으며, 50~100% 범위에는 8개업종, 40%대에는 4개 업종이 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.76~11.68이었다. 주요 등급은 4등급 5개 업종, 3등급 54개 업종, 2등급 6개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 4등급 3개, 3등급 2개, 2등급 3개, 1등급 7개 업종이었다.

〈표 III-106〉 트리클로로메탄의 연도별 측정현황

연도	불검출		노출지수(EI, %)							
	총시료수	시료수 (%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	3980	3772 94.8	0.64	4.19	0.0023	6.50	0.0015	0.0015	121.55	0.29
2019	4353	4141 95.1	0.76	4.70	0.0023	6.53	0.0015	0.0015	70.41	0.00
2020	4663	4451 95.5	0.61	4.27	0.0022	5.90	0.0015	0.0015	74.66	0.00
2021	5156	4852 94.1	1.44	12.29	0.0026	8.55	0.0015	0.0015	442.66	3.80
2022	12137	11460 94.4	2.17	35.25	0.0026	8.38	0.0015	0.0015	2988.85	3.54
2023	7906	7384 93.4	1.51	13.60	0.0028	9.34	0.0015	0.0015	782.79	5.46
합계	38195	36060 94.4	1.42	21.46	0.0025	7.85	0.0015	0.0015	2988.85	2.14

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-107〉 트리클로로메탄의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	원제 의약품 제조업	305	37002	67.7	11035	3161	0.84	4.67	0.0027	8.50	0.0015	0.0015	71.9
2	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	42.0	8308	1565	0.64	4.58	0.0023	6.02	0.0015	0.0015	88.3
3	기타 공학 연구개발업	1395	37470	29.0	15638	1350	0.23	2.54	0.0017	2.88	0.0015	0.0015	44.9
4	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	27.2	6569	1267	1.03	5.97	0.0026	8.37	0.0015	0.0015	121.6
5	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	210	15108	26.3	3242	1126	0.43	3.36	0.0020	4.56	0.0015	0.0015	62.4
6	의학 및 약학 연구개발업	1524	14901	30.3	1912	1119	0.27	2.48	0.0019	3.89	0.0015	0.0015	47.0
7	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	42.7	14855	913	1.43	6.54	0.0030	10.29	0.0015	0.0015	69.2
8	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	27.5	1909	890	1.09	5.50	0.0028	9.55	0.0015	0.0015	58.3
9	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	20.0	6838	801	0.05	0.53	0.0016	2.11	0.0015	0.0015	9.0
10	기타 자연과학 연구개발업	588	11786	18.3	3406	776	0.21	2.04	0.0019	3.70	0.0015	0.0015	39.2
11	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	21.8	7223	707	0.12	1.52	0.0017	2.41	0.0015	0.0015	32.6
12	계면활성제 제조업	292	3907	13.2	1418	630	0.14	1.60	0.0017	2.71	0.0015	0.0015	29.9
13	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	39.3	3417	615	4.77	65.12	0.0046	17.36	0.0018	0.0015	1596.3
14	의료용품 및 기타 의학 관련제품 제조업	551	9531	16.8	2331	584	0.87	4.93	0.0024	7.17	0.0015	0.0015	59.7
15	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1535	27006	5.5	2530	546	0.26	2.92	0.0017	2.79	0.0015	0.0015	50.2

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-108〉 트리클로로메탄의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	인쇄용 및 필기용 원지 제조업	88	3057	0.2	67	1	68.39		68.39	1.00	68.39	68.3930	68.4	68.39	68.4
2	생활용 가구 도매업	2324	7174	0.2	1	1	51.58		51.58	1.00	51.58	51.5770	51.6	51.58	51.6
3	곤 및 로프 제조업	214	1235	0.3	6	6	13.78	13.48	10.57	1.91	8.14	5.9600	40.9	33.80	30.8
4	비주거용 부동산 관리업	17376	62404	0.2	82	2	5.24	5.16	3.77	2.36	5.24	1.5970	8.9	8.52	15.5
5	강관 제조업	161	3353	1.2	75	117	37.13	87.63	1.40	71.70	9.91	0.0015	459.8	178.71	1579.1
6	전자 축전기 제조업	88	3571	0.8	121	28	4.85	6.40	0.32	51.79	3.78	0.0015	30.8	12.43	212.9
7	디스플레이 장치용 유리 제조업	10	20	0.3	2	6	22.21	25.25	0.26	170.66	16.44	0.0015	54.0	52.07	1200.0
8	펄프 및 종이 가공용 기계 제조업	108	959	0.2	3	2	7.55	10.67	0.16	94.59	7.55	0.0017	15.1	14.34	284.0
9	이동 전화기 제조업	125	1194	0.5	18	5	30.19	41.90	0.11	200.36	0.00	0.0015	85.2	81.30	694.7
10	라이터, 연소물 및 흡연용품 제조업	99	895	1.0	203	22	6.84	12.38	0.10	73.99	0.77	0.0015	45.6	29.71	120.1
11	플라스틱 접착처리 제품 제조업	113	712	1.5	26	33	17.31	29.07	0.08	135.36	0.00	0.0015	97.1	84.67	251.1
12	사무용 기계 및 장비 제조업	287	4301	0.3	39	3	70.21	121.60	0.08	267.00	0.00	0.0015	210.6	189.55	764.7
13	가방 및 기타 보호용 케이스 제조업	739	3053	0.7	36	10	10.13	14.14	0.07	115.19	0.00	0.0015	34.8	33.28	177.2
14	요업용 도포제 및 관련제품 제조업	28	266	0.2	2	2	1.65	2.34	0.07	46.93	1.65	0.0015	3.3	3.14	39.5
15	강 주물 주조업	378	4730	0.5	23	8	15.84	27.18	0.06	124.93	0.00	0.0015	60.9	60.04	172.3

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-109〉 트리클로로메탄의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	육상 금속 골조 구조재 제조업	3602	25631	1.3	52	14	49.03	183.46	0.00	27.78	0.00	0.0015	686.4
2	사무용 기계 및 장비 제조업	287	4301	0.3	39	3	70.21	121.60	0.08	267.00	0.00	0.0015	210.6
3	강판 제조업	161	3353	1.2	75	117	37.13	87.63	1.40	71.70	9.91	0.0015	459.8
4	플라스틱 접착처리 제품 제조업	113	712	1.5	26	33	17.31	29.07	0.08	135.36	0.00	0.0015	97.1
5	이동 전화기 제조업	125	1194	0.5	18	5	30.19	41.90	0.11	200.36	0.00	0.0015	85.2
6	기타 가공 공작기계 제조업	3149	19823	4.5	533	78	13.93	39.60	0.01	68.22	0.00	0.0015	215.1
7	인쇄용 및 필기용 원지 제조업	88	3057	0.2	67	1	68.39	-	68.39	1.00	68.39	68.3930	68.4
8	강 주물 주조업	378	4730	0.5	23	8	15.84	27.18	0.06	124.93	0.00	0.0015	60.9
9	금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업	4367	21084	4.3	141	63	9.85	24.20	0.04	81.15	0.00	0.0015	131.0
10	디스플레이 장치용 유리 제조업	10	20	0.3	2	6	22.21	25.25	0.26	170.66	16.44	0.0015	54.0
11	생활용 가구 도매업	2324	7174	0.2	1	1	51.58	-	51.58	1.00	51.58	51.5770	51.6
12	승강기 제조업	986	14803	0.7	26	6	14.25	22.80	0.05	116.85	0.00	0.0015	51.7
13	공기 조화장치 제조업	646	6149	0.8	135	9	10.16	20.19	0.01	73.09	0.00	0.0015	48.1
14	기타 인쇄업	5377	35293	14.7	626	314	6.14	17.46	0.01	41.78	0.00	0.0015	96.1
15	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	6.3	843	307	10.07	32.49	0.03	82.29	0.00	0.0015	442.7

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-110〉 트리클로로메탄의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	육상 금속 골조 구조재 제조업	3,602	25,631	1.3	52	14	49.03	0.0043	0.0018	240.3	4	3	11.68
2	원제 의약품 제조업	305	37,002	67.7	11,035	3161	0.84	0.0027	0.0015	3.2	1	2	10.19
3	사무용 기계 및 장비 제조업	287	4,301	0.3	39	3	70.21	0.0780	0.0015	189.6	4	3	8.94
4	강관 제조업	161	3,353	1.2	75	117	37.13	1.3998	9.9054	178.7	4	3	8.52
5	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	42.7	14,855	913	1.43	0.0030	0.0015	9.6	1	4	6.53
6	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	39.3	3,417	615	4.77	0.0046	0.0018	11.7	2	4	6.11
7	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	42.0	8,308	1565	0.64	0.0023	0.0015	0.0	1	2	5.94
8	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	25.5	396	366	5.65	0.0080	0.0015	37.5	2	4	5.22
9	의학 및 약학 연구개발업	1,524	14,901	30.3	1,912	1119	0.27	0.0019	0.0015	0.0	1	2	4.08
10	물질 성분 검사 및 분석업	971	15,116	27.5	1,909	890	1.09	0.0028	0.0015	4.8	1	2	3.87
11	기타 공학 연구개발업	1,395	37,470	29.0	15,638	1350	0.23	0.0017	0.0015	0.0	1	2	3.87
12	기타 인쇄업	5,377	35,293	14.7	626	314	6.14	0.0104	0.0019	44.1	2	4	3.83
13	플라스틱 접착처리 제품 제조업	113	712	1.5	26	33	17.31	0.0783	0.0015	84.7	3	3	3.79
14	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12,890	27.2	6,569	1267	1.03	0.0026	0.0015	3.8	1	2	3.77
15	기타 가공 공작기계 제조업	3,149	19,823	4.5	533	78	13.93	0.0147	0.0015	74.6	3	4	3.76

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

19) 헥사메틸렌다이소시아네이트 (HDI)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

자극과 감작을 일으킬 가능성이 있는 것으로 알려진 화학물질로, 특히 눈, 코, 호흡기에 영향을 미친다. HDI에 대한 직업적 노출은 건강 위험을 최소화하기 위해 엄격하게 통제되어야 하며, 시간 가중 평균 노출기준으로 0.005 ppm이 설정되었다. 이 값은 근로자가 표준 8시간 근무 및 주 40시간 근무 동안 부작용 없이 노출될 수 있는 평균 농도를 나타낸다. HDI에 노출된 작업자에게 보고된 천식/호흡기 감작과 유사한 반응을 고려할 때, 산업 화학물질에 대해 과민하거나 비정상적으로 반응하는 개인은 권장 TLV 농도 이하에서도 HDI의 유해 건강 영향으로부터 충분히 보호되지 못할 수 있다. 피부, 감작성, 발암성 또는 단시간 노출기준을 권장하기 위한 충분한 데이터가 없다.

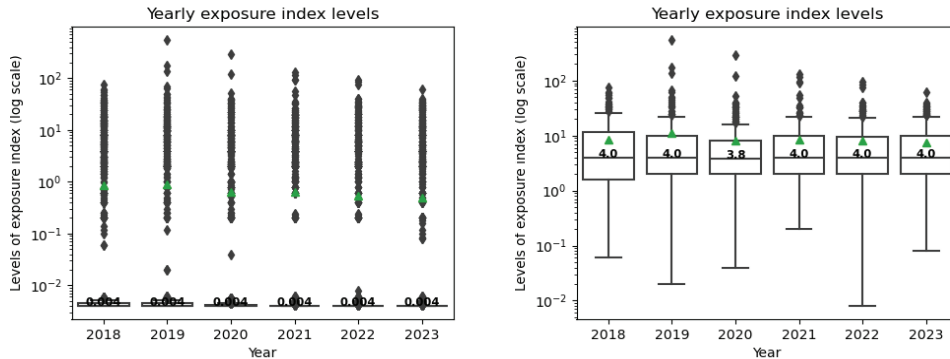
주로 고분자량의 비우레아 폴리이소시아네이트 제품의 제조 현장에서 사용되며, 이 제품들은 자동차 보수, 해양 코팅, 산업 유지 보수 및 기타 고성능 코팅 시스템의 폴리우레탄 페인트 시스템의 경화제로 사용된다. 페인트 및 코팅 시스템의 미반응 HDI 모노머 함량은 0.5~1.6%이다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 20,239건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 4건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.6~1 ppm) 자료 202건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 20,033건이었으며, 불검출 값은 18,518건(92.4%)이었다.

연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 92.4% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.66%였으며, 기하평균은 0.0069% 였다. 불검출값을 대체한 값은 0.004% 수준이었다.

연도별 노출지수에서 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다($p>0.05$).



[그림 III-19] HDI의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.02% 미만이었으며, 95% tile은 최대 20%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 1개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 2% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 10개가 포함되었다. 나머지 14개 업종은 기하평균 노출지수가 0.1~1% 범위에 7개 업종, 0.01~0.1% 범위에 7개 업종이 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 51.30%였다. 나머지 14개 업종은 10~50% 범위의 95% tile을 가졌다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 1.67~13.68이었다. 주요 등급은 4등급 6개 업종, 3등급 8개 업종, 2등급 1개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 1개, 2등급 11개, 1등급 3개 업종이었다.

〈표 III-111〉 HDI의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	2825	2550	90.3	0.84	4.38	0.0080	7.80	0.0040	0.0040	76.00	4.00
2019	3004	2769	92.2	0.88	11.37	0.0071	6.50	0.0040	0.0040	550.00	2.00
2020	3323	3064	92.2	0.64	6.19	0.0070	6.18	0.0040	0.0040	288.00	2.00
2021	3446	3180	92.3	0.65	4.67	0.0070	6.44	0.0040	0.0040	130.00	2.00
2022	3494	3267	93.5	0.54	3.75	0.0064	5.50	0.0040	0.0040	94.74	2.00
2023	3941	3688	93.6	0.49	3.01	0.0064	5.44	0.0040	0.0040	60.61	2.00
합계	20033	18518	92.4	0.66	6.04	0.0069	6.22	0.0040	0.0040	550.00	2.00

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-112〉 HDI의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	자동차 종합 수리업	7841	46581	151.3	4398	2387	0.88	3.57	0.0093	10.02	0.0040	0.0040	48.0
2	강선 건조업	2596	76573	14.0	35361	1418	0.35	2.15	0.0055	4.27	0.0040	0.0040	23.2
3	계면활성제 제조업	292	3907	9.8	1305	1250	0.08	0.91	0.0045	1.98	0.0040	0.0040	17.2
4	선박 구성 부품품 제조업	3256	52409	24.3	23402	1214	0.28	3.05	0.0055	3.90	0.0040	0.0040	86.0
5	항공기용 부품 제조업	237	10529	14.8	5201	1093	0.40	2.74	0.0076	6.28	0.0040	0.0040	74.0
6	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	53.2	1060	1050	0.45	2.53	0.0065	5.59	0.0040	0.0040	31.8
7	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	15.2	2158	690	0.25	2.39	0.0049	2.77	0.0040	0.0040	37.5
8	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	15.7	2611	515	4.90	30.63	0.0132	17.88	0.0040	0.0040	550.0
9	유인 항공기, 항공 우주선 및 보조장치 제조업	56	1232	2.0	3854	465	0.06	0.67	0.0044	2.12	0.0040	0.0040	10.0
10	자동차 전문 수리업	9354	26752	29.2	572	405	1.02	4.15	0.0101	10.95	0.0040	0.0040	37.8
11	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	18.5	1448	392	0.75	4.50	0.0084	7.02	0.0050	0.0040	58.5
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	9.2	3068	367	0.53	2.80	0.0072	6.66	0.0040	0.0040	30.0
13	접착제 및 젤라틴 제조업	490	5391	11.2	416	348	0.18	1.54	0.0056	3.77	0.0040	0.0040	26.0
14	자동차 차체용 부품 제조업	4296	149959	8.7	1223	338	0.81	5.27	0.0064	5.24	0.0040	0.0040	76.0
15	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	9.7	8596	302	0.46	2.94	0.0055	4.30	0.0040	0.0040	28.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-113〉 HDI의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	기타 도시 장기 육상 여객 운송업	271	5201	0.2	4	1	2.00		2.00	1.00	2.00	2.0000	2.0	2.00	2.0
2	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	322	7064	3.3	540	82	11.89	24.88	0.44	46.29	2.00	0.0040	174.0	49.70	240.6
3	산업용 냉장 및 냉동장비 제조업	1036	7348	0.2	3	2	12.00	16.97	0.31	77.46	12.00	0.0040	24.0	22.80	396.9
4	기방 및 기타 보호용 케이스 제조업	739	3053	1.0	79	30	11.75	18.45	0.20	68.66	0.00	0.0040	62.0	51.30	210.3
5	종합병원	188	39908	0.3	812	4	3.95	4.57	0.18	44.43	3.80	0.0040	8.2	8.11	91.2
6	화학섬유직물 직조업	1101	9194	0.2	53	4	3.13	3.75	0.17	35.10	2.50	0.0050	7.5	7.13	61.0
7	기관 구내식당업	5492	27762	0.2	7	2	3.70	5.23	0.17	43.01	3.70	0.0040	7.4	7.03	83.7
8	제조업 회사 본부	1627	13935	0.2	3	4	1.41	1.62	0.11	24.99	1.35	0.0045	2.9	2.89	22.4
9	자동차용 전용 상품 부품 판매업	727	1548	0.3	2	3	4.67	8.08	0.06	46.85	0.00	0.0040	14.0	12.60	34.0
10	단추 및 유사 파스너 제조업	350	1894	0.8	8	6	1.90	3.64	0.05	26.60	0.00	0.0045	9.1	7.39	10.0
11	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리 제조업	143	3057	0.5	59	14	1.15	1.82	0.04	23.75	0.00	0.0040	5.6	4.43	7.7
12	대학교	603	110561	0.3	58	2	0.20	0.28	0.04	10.00	0.20	0.0040	0.4	0.38	1.8
13	주형 및 금형 제조업	9288	57188	2.3	193	30	2.47	4.79	0.04	28.13	0.01	0.0040	15.0	13.33	9.3
14	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46660	1.5	5713	56	2.09	3.99	0.03	27.58	0.00	0.0040	18.0	10.29	6.9
15	배관 및 냉·난방장치 도매업	2824	6513	0.3	5	4	2.50	5.00	0.03	29.60	0.00	0.0040	10.0	8.50	7.4

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-114〉 HDI의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	기반 및 기타 보호용 케이스 제조업	739	3053	1.0	79	30	11.75	18.45	0.20	68.66	0.00	0.0040	62.0
2	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	322	7064	3.3	540	82	11.89	24.88	0.44	46.29	2.00	0.0040	174.0
3	산업 처리공정 제어장비 제조업	432	6540	2.0	57	36	2.88	7.74	0.02	21.38	0.01	0.0040	27.7
4	산업용 냉장 및 냉동장비 제조업	1036	7348	0.2	3	2	12.00	16.97	0.31	77.46	12.00	0.0040	24.0
5	기타 육상 운송지원 서비스업	1320	8768	1.0	122	24	3.96	10.98	0.02	23.71	0.00	0.0040	47.8
6	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	180	2664	1.2	30	23	2.29	7.18	0.01	15.55	0.00	0.0040	25.0
7	산업용 트럭 및 적재기 제조업	210	2472	3.3	612	93	3.13	7.42	0.03	26.71	0.00	0.0040	32.0
8	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	15.7	2611	515	4.90	30.63	0.01	17.88	0.00	0.0040	550.0
9	자동차 부품 판매업	2147	14677	2.2	82	29	2.13	7.43	0.01	12.21	0.00	0.0040	30.0
10	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	342	2709	2.3	80	31	2.28	7.40	0.02	18.42	0.00	0.0040	31.0
11	선철 주물 주조업	379	4903	1.2	73	40	2.29	7.22	0.02	21.18	0.01	0.0040	40.0
12	그 외 기타 전기장비 제조업	2350	27510	1.5	158	27	2.24	6.15	0.02	19.57	0.01	0.0040	26.3
13	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	1480	24296	3.8	233	65	1.66	6.25	0.01	10.28	0.00	0.0040	34.0
14	주형 및 금형 제조업	9288	57188	2.3	193	30	2.47	4.79	0.04	28.13	0.01	0.0040	15.0
15	절삭 가공 및 유사 처리업	1829	9163	0.7	4	11	2.37	5.71	0.02	22.04	0.00	0.0040	18.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-115〉 HDI의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재기업※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	151.3	4,398	2387	0.88	0.0093	0.0040	6.0	1	4	13.86
2	가방 및 기타 보호용 케이스 제조업	739	3,053	1.0	79	30	11.75	0.2002	0.0040	51.3	3	3	7.14
3	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	322	7,064	3.3	540	82	11.89	0.4381	2.0000	49.7	2	4	7.11
4	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	53.2	1,060	1050	0.45	0.0065	0.0040	2.0	1	2	4.38
5	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	15.7	2,611	515	4.90	0.0132	0.0040	20.0	2	4	3.72
6	산업 처리공정 제어장비 제조업	432	6,540	2.0	57	36	2.88	0.0217	0.0050	26.6	2	3	3.49
7	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	29.2	572	405	1.02	0.0101	0.0040	7.2	1	4	3.00
8	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	180	2,664	1.2	30	23	2.29	0.0143	0.0045	22.7	2	3	2.82
9	기타 육상 운송지원 서비스업	1,320	8,768	1.0	122	24	3.96	0.0168	0.0040	22.8	2	3	2.82
10	산업용 냉장 및 냉동장비 제조업	1,036	7,348	0.2	3	2	12.00	0.3098	12.0020	22.8	2	3	2.74
11	산업용 트럭 및 적재기 제조업	210	2,472	3.3	612	93	3.13	0.0265	0.0047	20.4	2	4	2.66
12	자동차 부품 판매업	2,147	14,677	2.2	82	29	2.13	0.0104	0.0045	18.2	2	3	2.22
13	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	342	2,709	2.3	80	31	2.28	0.0200	0.0047	16.3	2	3	1.95
14	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	1,480	24,296	3.8	233	65	1.66	0.0092	0.0040	13.6	2	4	1.67
15	선철 주물 주조업	379	4,903	1.2	73	40	2.29	0.0249	0.0050	15.1	2	3	1.67

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

20) n-헥산

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

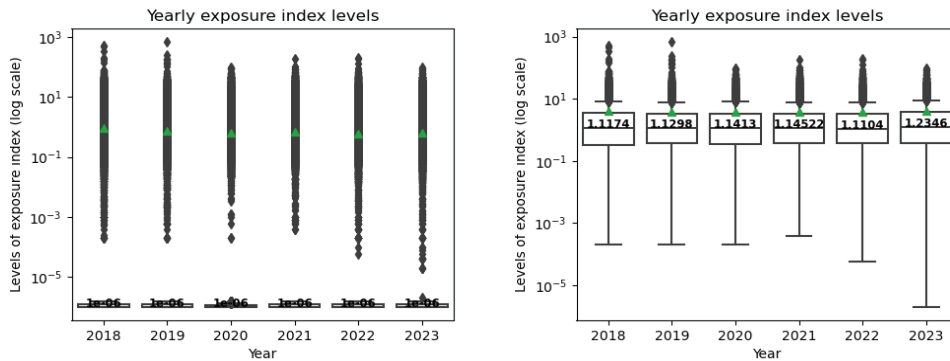
직업적 노출에 대해 n-헥산의 TLV-TWA는 50 ppm이 권장된다. 이 값은 신경 독성 효과, 마취작용, 눈 및 점막 자극 가능성을 최소화하기 위한 것이다. 피부 흡수 후 발생한 인간 말초 신경병증을 바탕으로 피부 표시가 부여되었다. n-헥산에 노출될 경우의 신경 독성은 다른 헥산 이성질체에는 없다. 감작성, 발암성 또는 단시간 노출기준을 권장할 충분한 데이터는 제공되지 않았다. n-헥산은 생물학적 노출 지수(BEI)가 권장된 물질이다.

상업용 헥산은 헥산 이성질체와 사이클로펜탄, 사이클로헥산, 펜탄, 헵탄 등의 소량의 혼합물이다. 이는 n-헥산이 최소 20%에서 최대 80%까지 포함될 수 있다. 상업용 헥산 등급은 식물성 오일, 코팅, 페인트 또는 접착제의 용매로 사용되며, 에탄올의 변성제로 사용된다. 헥산 이성질체는 석유 에테르, 고무 용매 및 휘발유에서 다양한 양으로 존재한다. 대량 가솔린 처리 과정에서 생성되는 증기의 평균 헥산 함량은 전체의 5.9%였으며, 이 중 1.5% 또는 전체 헥산 함량의 약 1/4가 n-헥산인 것으로 보고된 바 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 154,416건이며, 물질명 오류 12건, 횡수조정 120건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 131건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 33.3~50 ppm) 자료 120건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 154,033건이었으며, 불검출 자료는 125,995건(81.8%)이었다.

연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 81.8% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.71%였으며, 기하평균은 0.0001% 미만이었다. '20년과 '23년을 제외한 해에는 노출기준을 초과하는 값이 있었고, 95% tile은 평균 3.01%였다.



[그림 III-20] n-핵산의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.001% 미만이었고, 95% tile은 최대 7.82%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 2개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 28.53% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 10~50% 범위는 4개 업종, 1~10% 범위에는 11개 업종이 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% 상위 노출지수가 50~100% 범위에 해당하는 업종은 3개였고, 나머지 12개 업종은 10~50% 범위에 해당하였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.43~22.35이었다. 주요 등급은 4등급 4개 업종, 3등급 8개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 3개, 2등급 7개, 1등급 5개 업종이었다.

〈표 III-116〉 n-헥산의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	24311	18860	77.6	0.93	6.50	0.0000	338.56	0.0000	0.0000	500.05	3.98
2019	25549	20526	80.3	0.76	6.07	0.0000	261.88	0.0000	0.0000	684.16	3.28
2020	25255	20845	82.5	0.65	3.42	0.0000	203.74	0.0000	0.0000	94.49	2.88
2021	24889	20499	82.4	0.68	3.84	0.0000	208.34	0.0000	0.0000	184.22	2.75
2022	26675	22324	83.7	0.60	3.59	0.0000	172.69	0.0000	0.0000	199.28	2.44
2023	27354	22941	83.9	0.64	3.36	0.0000	173.05	0.0000	0.0000	98.27	2.73
합계	154033	125995	81.8	0.71	4.62	0.0000	220.93	0.0000	0.0000	684.16	3.01

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-117〉 n-핵산의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95} e
1	자동차 종합 수리업	7841	46581	842.7	12416	14290	0.11	1.15	0.0000	21.08	0.0000	0.0000	81.2	0.08 0.0003
2	원유 정제처리업	47	5043	17.8	11847	8082	0.07	0.89	0.0000	12.19	0.0000	0.0000	34.5	0.00 0.0001
3	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	56.2	11806	7852	0.26	2.62	0.0000	64.87	0.0000	0.0000	179.3	0.69 0.0041
4	완제 의약품 제조업	305	37002	103.3	15917	5470	0.82	3.33	0.0001	557.60	0.0000	0.0000	56.7	3.95 2.3861
5	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	82.5	11610	5199	0.81	3.50	0.0000	310.55	0.0000	0.0000	55.4	3.83 0.2278
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	104.2	11005	3968	1.02	5.19	0.0000	373.84	0.0000	0.0000	176.3	4.99 0.4288
7	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	210	15108	49.8	5628	3087	0.70	3.26	0.0000	322.77	0.0000	0.0000	47.5	3.27 0.3161
8	그 외 자동차용 부품 부품 제조업	4427	71377	128.7	19057	2835	1.20	10.50	0.0000	292.54	0.0000	0.0000	500.0	5.14 0.1969
9	기타 인쇄업	5377	35293	151.5	4952	2795	0.67	2.50	0.0003	714.88	0.0000	0.0000	50.9	2.88 12.8205
10	기타 공학 연구개발업	1395	37470	42.5	22285	2453	0.45	2.31	0.0000	145.64	0.0000	0.0000	41.7	1.91 0.0296
11	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	65.8	3862	2415	0.98	3.95	0.0001	649.24	0.0000	0.0000	60.3	4.39 3.6874
12	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	139.5	2166	2280	1.42	4.81	0.0001	709.53	0.0000	0.0000	47.7	7.82 3.3490
13	의학 및 약학 연구개발업	1524	14901	49.3	3084	2207	0.54	1.92	0.0000	435.78	0.0000	0.0000	27.7	2.81 0.9378
14	자동차 전문 수리업	9354	26752	157.0	2202	2194	0.20	1.50	0.0000	52.95	0.0000	0.0000	38.3	0.73 0.0025
15	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	34.3	7369	2189	0.55	2.69	0.0000	264.46	0.0000	0.0000	49.9	2.61 0.1620

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-118〉 n-핵산의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	일반 제재업	555	3640	0.2	8	1	28.53		28.53	1.00	28.53	28.5320	28.5	28.53	28.5
2	시계, 귀금속 및 악기 수리업	50	71	0.3	28	10	28.62	12.82	25.51	1.72	27.40	5.9780	58.6	47.30	62.1
3	생활용 가구 도매업	2324	7174	0.2	2	1	23.24		23.24	1.00	23.24	23.2404	23.2	23.24	23.2
4	직물 도매업	2347	5386	0.2	7	4	31.02	23.87	21.78	2.65	28.82	4.4744	62.0	57.65	108.0
5	시계 및 귀금속 제품 도매업	1253	3821	1.7	201	55	10.42	11.08	3.83	12.18	5.24	0.0000	47.4	31.11	234.3
6	기타 표시장치 제조업	72	965	0.8	7	6	6.08	3.71	3.13	5.98	6.73	0.0612	10.4	10.01	59.4
7	그 외 기타 스포츠 서비스업	852	5641	1.2	36	23	9.88	9.23	3.00	30.98	8.22	0.0000	36.3	25.40	851.2
8	가족의복 제조업	96	449	0.5	4	6	2.94	0.72	2.86	1.27	3.05	1.8227	3.9	3.74	4.3
9	그 외 금속 파스너 및 나사제품 제조업	1266	12974	1.2	261	80	16.66	28.11	2.80	56.27	4.43	0.0000	184.2	57.59	2118.7
10	기타 수산동물 가공 및 저장 처리업	680	8818	0.2	12	2	5.68	7.21	2.51	4.29	5.68	0.5846	10.8	10.27	27.6
11	합금철 제조업	78	1320	1.0	27	11	11.15	10.39	1.96	107.37	10.60	0.0000	35.0	28.44	4291.1
12	비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업	401	12584	0.2	20	2	1.31	0.23	1.30	1.13	1.31	1.1452	1.5	1.46	1.6
13	상품 종합 중개업	10014	31960	0.5	100	27	1.72	1.10	1.30	2.32	1.78	0.2188	4.3	3.34	5.2
14	표면처리 및 적층 직물 제조업	101	1176	0.2	1	2	1.26	0.19	1.25	1.12	1.26	1.1250	1.4	1.39	1.5
15	커피 가공업	838	4090	0.2	36	2	1.32	1.08	1.08	1.94	1.32	0.5548	2.1	2.01	3.2

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-119〉 n-핵산의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	디스플레이 제조용 기계 제조업	149	2263	1.8	64	28	23.67	64.14	0.00	3464.35	0.00	0.0000	328.5	71.67	266.8
2	직물 도매업	2347	5386	0.2	7	4	31.02	23.87	21.78	2.65	28.82	4.4744	62.0	57.65	108.0
3	그 외 금속 파스너 및 나사제품 제조업	1266	12974	1.2	261	80	16.66	28.11	2.80	56.27	4.43	0.0000	184.2	57.59	2118.7
4	시계, 귀금속 및 악기 수리업	50	71	0.3	28	10	28.62	12.82	25.51	1.72	27.40	5.9780	58.6	47.30	62.1
5	모터사이클 및 부품 도매업	399	1253	0.5	12	6	9.34	19.70	0.00	2714.67	0.00	0.0000	49.2	38.59	117.6
6	그 외 기타 생활용품 도매업	3889	13839	1.3	25	36	6.68	15.04	0.00	2156.69	0.00	0.0000	62.2	38.38	403.3
7	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	20.8	536	323	5.44	15.95	0.00	1681.21	0.00	0.0000	190.5	33.45	58.3
8	시계 및 귀금속 제품 도매업	1253	3821	1.7	201	55	10.42	11.08	3.83	12.18	5.24	0.0000	47.4	31.11	234.3
9	그 외 기타 의료용 기기 제조업	1364	20210	17.0	1528	357	3.68	12.99	0.00	558.56	0.00	0.0000	94.5	30.74	0.8
10	분말 아금제품 제조업	48	301	3.3	73	45	5.63	10.17	0.00	2065.12	0.51	0.0000	36.5	29.83	1305.5
11	안경 및 안경렌즈 제조업	578	2418	1.8	17	43	8.43	17.22	0.01	2397.65	3.01	0.0000	103.8	29.29	5233.5
12	경제 및 경영학 연구개발업	183	4638	0.5	139	17	3.49	9.87	0.00	255.62	0.00	0.0000	30.4	29.27	0.1
13	일반 제재업	555	3640	0.2	8	1	28.53		28.53	1.00	28.53	28.5320	28.5	28.53	28.5
14	합금철 제조업	78	1320	1.0	27	11	11.15	10.39	1.96	107.37	10.60	0.0000	35.0	28.44	4291.1
15	의복 액세서리 및 모조 장신구 도매업	3377	16244	1.2	48	14	6.29	10.79	0.00	2666.78	0.22	0.0000	34.8	27.01	1082.3

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-120〉 n-해산의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	842.7	12,416	14290	0.11	0.0000	0.0000	0.1	1	22.35
2	디스플레이 제조용 기계 제조업	149	2,263	1.8	64	28	23.67	0.0004	0.0000	71.7	3	9.10
3	그 외 금속 파스너 및 나사제품 제조업	1,266	12,974	1.2	261	80	16.66	2.7979	4.4252	57.6	3	7.16
4	직물 도매업	2,347	5,386	0.2	7	4	31.02	21.7796	28.8185	57.6	3	7.14
5	시계, 귀금속 및 악기 수리업	50	71	0.3	28	10	28.62	25.5146	27.3950	47.3	2	5.74
6	모터사이클 및 부품 도매업	399	1,253	0.5	12	6	9.34	0.0003	0.0000	38.6	2	3
7	그 외 기타 생활용품 도매업	3,889	13,839	1.3	25	36	6.68	0.0013	0.0000	38.4	2	3
8	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4,523	29,302	20.8	536	323	5.44	0.0003	0.0000	33.5	2	4
9	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	139.5	2,166	2280	1.42	0.0001	0.0000	7.8	1	4
10	그 외 기타 의료용 기기 제조업	1,364	20,210	17.0	1,528	357	3.68	0.0000	0.0000	30.7	2	4
11	기타 인쇄업	5,377	35,293	151.5	4,952	2795	0.67	0.0003	0.0000	2.9	1	2
12	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	157.0	2,202	2194	0.20	0.0000	0.0000	0.7	1	2
13	시계 및 귀금속 제품 도매업	1,253	3,821	1.7	201	55	10.42	3.8350	5.2400	31.1	2	3
14	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4,427	71,377	128.7	19,057	2835	1.20	0.0000	0.0000	5.1	1	4
15	분말 야금제품 제조업	48	301	3.3	73	45	5.63	0.0046	0.5057	29.8	2	3

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

21) 니켈(불용성 제외)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

무기 니켈의 노출기준 TLV-TWA(흡입성 입자로 측정된 니켈)는 다음과 같다.

원소 니켈 및 금속: 1.5 mg/m³. 피부염 및 진폐증의 잠재성을 최소화하기 위해. A5(인간 발암물질로 의심되지 않음).

가용성 니켈 화합물: 0.1 mg/m³. 폐 손상, 피부염 및 의심되는 암 위험의 잠재성을 최소화하기 위해. A4(인간 발암물질로 분류할 수 없음).

니켈 서브설파이드: 0.1 mg/m³. 비강 및 폐암의 잠재성을 최소화하기 위해. A1(확인된 인간 발암물질).

(불용성 니켈 화합물: 0.2 mg/m³. 비강 및 폐암의 잠재성을 최소화하기 위해. A1(확인된 인간 발암물질))

Skin 또는 SEN 표기 또는 TLV-STEL을 권장하기 위한 충분한 데이터는 없다. 기체 상태의 니켈 카르보닐에 대해서는 별도의 TLV가 권장된다.

니켈의 금속 및 이가 염은 산업적으로 중요한 관심 대상이다. 주요 용도로는 스테인리스 스틸, 부식 및 내열 합금의 생산, 지방 및 기름의 수소화 촉매, 전기도금, 화폐 및 알칼리성 배터리가 포함된다. 니켈 광석은 주로 황화물 형태(예: 펜틀란다이트 [(FeNi)₉S₈])와 라테라이트(니켈 산화물/규산염) 형태로 발견되었다. 니켈 서브설파이드는 특정 니켈 광석의 제련 및 정제 과정에서 발견되며, 석유 정제 과정에서 니켈 촉매를 사용하여 형성될 수 있다.

국제 니켈 발암성 연구위원회(ICNCM)의 리뷰에 따르면, 니켈 정제소 작업자들 사이에서 폐암 및 비강동암의 위험 증가는 용해성 니켈의 경우 1 mg/m³, 불용성 형태의 “총” 에어로졸의 경우 10 mg/m³ 이상의 공기 중 노출과 관련이 있다고 결론지었다.

ACGIH는 니켈 및 그 무기 화합물의 TLV-TWA가 "총" 니켈 입자가 아닌 흡입성 니켈 입자로 표현되어야 한다고 믿는다. 이는 일부 니켈 형태와 비강암 사이의 연관성 때문이다. "총" 입자 측정과 흡입성 입자 측정을 연관 짓기 위한 발표된 데이터는 거의 없다. 이용 가능한 연구들은 니켈에 대한 흡입성 입자 측정이 공정별로 다르다는 것을 보여주었다. 흡입성 니켈 노출을 "총" 니켈 입자에 근거한 이전 데이터와 연관 짓기 위한 추가 연구가 권장된다.

니켈 카르보닐은 높은 수준의 급성 흡입 독성을 나타내며, 쥐, 생쥐, 고양이에서 각각 30분 LC50 값이 10, 35, 270 ppm으로 광범위한 폐 염증을 동반하였다. 니켈 카르보닐은 경고 특성이 부족하여 노출을 인지하지 못한 사람에게도 독성 효과가 발생할 수 있으며, 초기에는 독성이 거의 없거나 없는 것처럼 보이는 노출 후 며칠이 지난 후에 심각한 독성이 발생할 수 있다는 데이터가 있다. 1979년에 Morgan (1958)과 Doll (1958)의 보고서를 바탕으로 8시간 TWA 0.05 ppm이 권장되었다. 급성 효과가 주된 우려 사항이었으며, 니켈 카르보닐의 높은 농도는 가슴 답답함, 두통, 메스꺼움, 어지러움과 같은 증상과 이후 호흡 곤란, 청색증, 폐부종 및 사망과 같은 지연된 증상을 유발할 수 있다. 쥐를 일주일에 세 번씩 30분 동안 약 4-9 ppm의 공기 중 니켈 카르보닐 농도에 노출시켰으며, 노출된 동물들은 기관지 상피의 편평 상피화상을 포함한 광범위한 폐 손상을 보였다. 이러한 반복적이고 짧은 노출은 인간의 노출을 이 연구에서 쥐가 노출된 농도보다 최소 10배 낮게 유지해야 함을 시사한다. 가스의 강한 자극 효과에 대한 보호는 TLV-TWA보다 단기 노출 한도로 더 잘 반영된다. 이 경우, TLV-Ceiling 0.05 ppm은 대부분의 작업자를 니켈 카르보닐의 급성 독성 효과로부터 보호할 수 있을 것으로 예상된다. 동물 연구는 실험 동물에서 제한된 발암성 증거를 보여주었으며, 하루 30분씩 주 3일 동안 4 ppm에 만성적으로 노출된 쥐에서 낮은 발생률의 폐암이 관찰되었고, 니켈 카르보닐을 반복적으로 정맥 주사한 후 종양 발생률이 증가했다. 역학 연구에서는 니켈 카르보닐의 발암 가능성에 대한 명확한 증거를

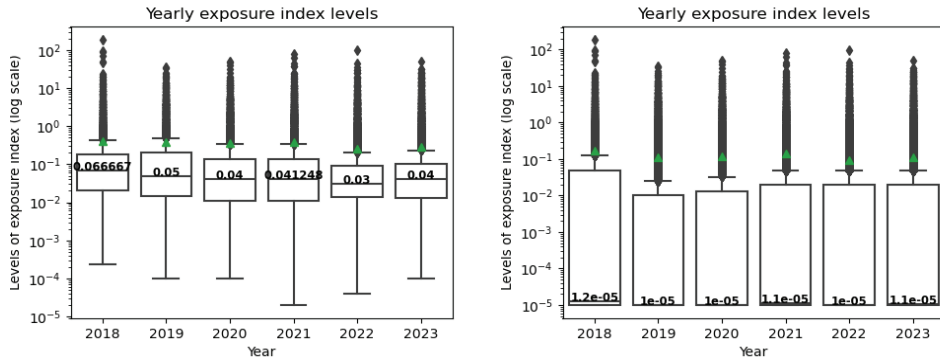
보여주지 않았다. 따라서 A3, 인간과의 관련성이 알려지지 않은 동물 발암 물질로 발암성 표기가 지정되었다. 충분한 데이터가 없어 TLV-STEL이나 피부, 감작성(피부, 호흡기) 표기를 권장할 수 없다.

니켈 카르보닐은 50-60°C에서 금속 니켈에 일산화탄소를 통과시켜 형성되며, 이는 Mond 공정으로 알려져 있으며, 과거에는 금속 니켈을 정제하는 주요 방법이었다. 현재 니켈 카르보닐은 니켈 증기 도금, 금속 공학 및 전자 산업을 위한 고순도 미세 니켈 입자 생산, 그리고 메틸 및 에틸 아크릴레이트 모노머 합성 촉매로 사용된다. 니켈 카르보닐은 석유 분해 과정에서 니켈을 촉매로 사용할 때 형성될 수 있고, 공기 중에서 불안정하며 니켈 카보네이트로 분해됩니다. 25°C에서 공기 중 니켈 카르보닐 농도가 ng/m^3 일 경우 수명은 약 1분이며, 일산화탄소가 mg/m^3 단위로 증가할 때마다 1분씩 증가한다. AEGL 위원회는 인간 노출 사례에서 후각이나 다른 감각적 탐지 없이 독성 증상이 발생할 수 있음을 고려하여 AEGL-1 수준(일반 인구, 민감한 개인 포함, 눈에 띄는 불편감, 자극 또는 특정 무증상 비감각 효과를 경험할 수 있는 노출 수준)을 도출하지 못했다. AEGL-2 값(일반 인구가 비가역적이거나 다른 심각하고 장기적인 건강 악영향 또는 탈출 능력 손상을 경험할 수 있는 농도)은 생쥐(가장 민감한 종)가 2.17 ppm의 니켈 카르보닐에 30분 동안 노출된 연구를 기반으로 했다. 이 노출은 치명적이지 않았으며 폐 손상을 일으킬 수 있는 노출로 간주되었지만 비가역적 악영향을 초래하지 않는 것으로 간주되었다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

니켈로 추출된 자료는 총 141,506건이며, '23년 연구대상인 불용성 니켈로 입력된 1,954건은 삭제하였다. 그리고, 횡수조정 111건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 192건과 노출기준 불인정 자료 143건도 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 139,552건이며, 니켈금속 96,078건(69.1%), 가용성

니켈 42,808건(30.8%) 및 니켈카르보닐 218건(0.2%)이었다. 불검출 값은 니켈금속 60,902건(63.4%), 가용성니켈 21,141건(49.4) 및 니켈카르보닐 193건(88.5%)이었다.



[그림 III-21] 니켈(금속)의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

니켈(금속)의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 63.4% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.12%였으며, 기하평균은 0.0002% 였다.

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.02% 미만이었고, 95% tile은 최대 4.66%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 1.76% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 12개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 0.1~1% 범위는 9개 업종, 0.01~0.1% 범위에는 5개 업종이 해당하였다. 95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% 상위 노출지수가 10~50% 범위에 있는 업종은 3개였으며, 나머지는 1~10% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.44~14.17 이었다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 2개 업종, 2등급 5개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 3개, 1등급 12개 업종이었다.

〈표 III-121〉 니켈(금속)의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	11939	6844	57.3	0.17	2.41	0.0004	87.54	0.0000	0.0000	186.75	0.41
2019	16183	11409	70.5	0.11	0.82	0.0001	59.52	0.0000	0.0000	35.78	0.36
2020	15425	10080	65.3	0.12	1.01	0.0002	65.19	0.0000	0.0000	49.51	0.34
2021	13678	8633	63.1	0.14	1.35	0.0002	68.85	0.0000	0.0000	79.20	0.35
2022	19657	12438	63.3	0.09	1.08	0.0002	60.00	0.0000	0.0000	98.21	0.20
2023	19196	11498	59.9	0.11	0.99	0.0003	67.74	0.0000	0.0000	51.16	0.26
합계	96078	60902	63.4	0.12	1.30	0.0002	67.54	0.0000	0.0000	186.75	0.31

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-122〉 니켈(금속)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입*		작업환경측정*		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	기타 선박 건조업	560	6397	9.7	37961	14651	0.02	0.18	0.0001	33.99	0.0000	0.0000	10.2
2	강선 건조업	2596	76573	14.5	45313	9879	0.04	0.48	0.0000	26.48	0.0000	0.0000	27.2
3	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	54.0	27621	4934	0.12	0.53	0.0014	78.61	0.0100	0.0000	15.0
4	화학 발전업	35	3557	9.5	3701	3089	0.02	0.10	0.0002	40.97	0.0000	0.0000	3.3
5	기타 발전업	402	29181	5.0	1885	2956	0.01	0.02	0.0005	43.68	0.0100	0.0000	0.7
6	제강업	106	24410	21.8	5860	2681	0.08	1.25	0.0000	21.32	0.0000	0.0000	43.6
7	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	5.2	6710	2563	0.03	0.16	0.0004	42.35	0.0002	0.0000	5.3
8	철도 여객 운송업	14	17208	9.3	10807	2400	0.02	0.15	0.0005	46.30	0.0030	0.0000	7.1
9	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	114.3	3454	2193	0.18	0.80	0.0006	102.35	0.0000	0.0000	15.4
10	제철업	21	756	3.7	22894	1969	0.03	0.29	0.0000	22.10	0.0000	0.0000	8.6
11	그 외 기타 금속 가공업	11894	57148	106.5	2559	1911	0.24	0.94	0.0009	127.30	0.0000	0.0000	18.5
12	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46660	6.0	45968	1663	0.01	0.13	0.0001	26.18	0.0000	0.0000	3.7
13	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	74.7	27815	1644	0.13	0.70	0.0002	75.52	0.0000	0.0000	12.7
14	강 주물 주조업	378	4730	40.8	1913	1543	0.87	2.97	0.0159	115.93	0.1000	0.0000	63.8
15	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	54.5	17276	1436	0.10	0.77	0.0001	51.68	0.0000	0.0000	14.8

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-123〉 니켈(금속)의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	연료용 가스 제조 및 배관공업	311	12062	0.3	5	4	10.67	12.27	1.76	12.01	9.60	0.1300	23.3	22.68	105.0
2	부정형 내화 요업제품 제조업	311	4326	0.3	5	6	0.32	0.24	0.23	2.34	0.29	0.0900	0.6	0.60	0.9
3	펄프 및 종이 가공용 기계 제조업	108	959	1.0	10	6	0.72	1.35	0.22	4.26	0.21	0.0360	3.5	2.69	2.4
4	파이프라인 운송업	16	383	0.2	0	1	0.21		0.21	1.00	0.21	0.2100	0.2	0.21	0.2
5	전자기 측정, 시험 및 분석 기구 제조업	792	9938	0.2	1	1	0.19		0.19	1.00	0.19	0.1900	0.2	0.19	0.2
6	비철금속 광업	22	171	0.2	3	1	0.16		0.16	1.00	0.16	0.1625	0.2	0.16	0.2
7	포장용 유리용기 제조업	57	2401	1.3	286	25	0.48	0.69	0.14	10.85	0.20	0.0000	3.1	1.35	7.2
8	원목 및 건축관련 목제품 도매업	1691	4063	0.3	5	2	0.19	0.20	0.13	2.57	0.19	0.0500	0.3	0.32	0.6
9	기타 목재 가구 제조업	3866	17812	0.3	3	4	0.60	0.84	0.12	8.94	0.30	0.0100	1.8	1.62	4.4
10	플라스틱 창호 제조업	1517	7769	0.2	1	4	0.13	0.08	0.10	2.42	0.14	0.0222	0.2	0.20	0.4
11	전자 악기 제조업	17	510	1.0	180	14	0.26	0.38	0.09	13.26	0.14	0.0000	1.5	0.79	6.2
12	기타 곡물 가공품 제조업	407	2922	0.2	23	2	0.07		0.07	1.00	0.07	0.0700	0.1	0.07	0.1
13	콘크리트 및 철근 공사업	22029	60188	0.2	4	2	0.07	0.03	0.07	1.34	0.07	0.0500	0.1	0.09	0.1
14	곡물 제분업	292	2166	0.2	1	1	0.06		0.06	1.00	0.06	0.0600	0.1	0.06	0.1
15	강판 가공품 및 관 연결구류 제조업	25	96	1.2	27	28	0.67	0.84	0.05	75.18	0.34	0.0000	3.0	2.33	55.0

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-124〉 니켈(금속)의 95%tile 상위 15 세업종중의 측정현황

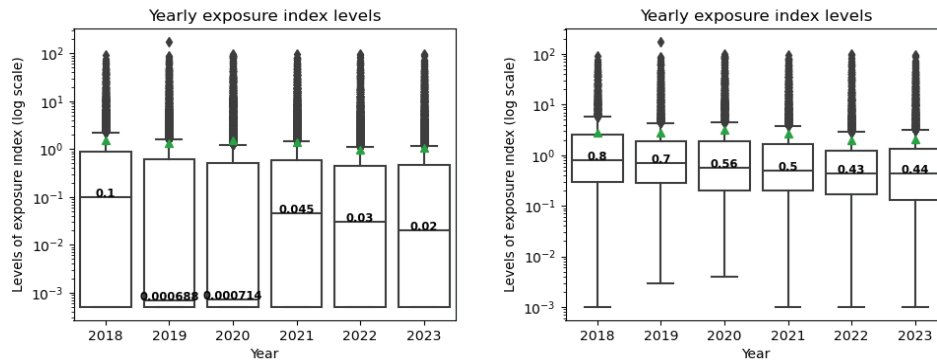
연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)						
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	항만 내 여객 운송업	87	1956	0.2	14	3	12.94	22.41	0.00	1276.76	0.00	0.0000	38.8	34.94
2	연료용 가스 제조 및 배관공급업	311	12062	0.3	5	4	10.67	12.27	1.76	12.01	9.60	0.1300	23.3	22.68
3	기어 및 동력전달장치 제조업	1089	8718	5.3	1147	72	1.87	5.39	0.00	281.41	0.00	0.0000	25.8	18.38
4	압축 및 액화 가스 용기 제조업	19	107	0.7	43	12	1.84	4.27	0.00	414.68	0.00	0.0000	14.7	9.27
5	배관 및 냉·난방장치 도매업	2824	6513	1.7	20	13	1.68	3.32	0.00	440.49	0.00	0.0000	10.9	8.35
6	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1115	3.8	208	81	1.50	4.63	0.00	228.69	0.02	0.0000	31.5	6.50
7	금속류 원료 재생업	1038	5905	7.2	157	160	1.29	4.93	0.00	179.19	0.00	0.0000	46.0	6.04
8	무기 및 총포탄 제조업	62	6377	1.2	1851	35	1.26	2.75	0.02	121.67	0.01	0.0000	12.6	5.76
9	디지털 적층 성형기계 제조업	33	88	1.0	9	24	1.13	3.00	0.04	89.98	0.19	0.0000	14.2	4.82
10	강 주물 주조업	378	4730	40.8	1913	1543	0.87	2.97	0.02	115.93	0.10	0.0000	63.8	4.66
11	분말 아연제품 제조업	48	301	10.7	270	231	0.79	2.84	0.00	145.13	0.01	0.0000	24.9	3.84
12	기타 비철금속 주조업	378	3387	22.2	921	607	1.20	8.91	0.00	151.06	0.01	0.0000	186.8	3.78
13	비동력식 수공구 제조업	404	2461	10.2	134	190	0.76	3.42	0.00	112.91	0.04	0.0000	36.3	3.58
14	사로 도매업	1468	4186	0.7	65	14	0.61	1.84	0.00	87.25	0.00	0.0000	6.8	3.51
15	그 외 기타 1차 철강 제조업	202	3536	13.2	1283	313	0.80	2.91	0.00	181.78	0.00	0.0000	24.4	3.48

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-125〉 니켈(금속)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	항만 내 여객 운송업	87	1,956	0.2	14	3	12.94	0.0016	0.0000	34.9	2	3	14.17
2	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21,784	120,380	114.3	3,454	2193	0.18	0.0006	0.0000	0.6	1	4	9.59
3	그 외 기타 금속 가공업	11,894	57,148	106.5	2,559	1911	0.24	0.0009	0.0000	1.2	1	4	9.13
4	연료용 가스 제조 및 배관공급업	311	12,062	0.3	5	4	10.67	1.7594	9.6005	22.7	2	3	8.99
5	기어 및 동력전달장치 제조업	1,089	8,718	5.3	1,147	72	1.87	0.0012	0.0000	18.4	2	4	7.61
6	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	74.7	27,815	1644	0.13	0.0002	0.0000	0.6	1	2	6.11
7	강 주물 주조업	378	4,730	40.8	1,913	1543	0.87	0.0159	0.1000	4.7	1	4	4.88
8	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4,427	71,377	59.8	5,966	1285	0.18	0.0010	0.0030	0.7	1	4	4.84
9	주형 및 금형 제조업	9,288	57,188	57.2	1,422	1014	0.12	0.0004	0.0000	0.5	1	2	4.54
10	탱, 밸브 및 유사 장치 제조업	1,601	17,174	56.7	3,090	1292	0.11	0.0006	0.0000	0.4	1	2	4.47
11	선박 구성 부분품 제조업	3,256	52,409	54.0	27,621	4934	0.12	0.0014	0.0100	0.5	1	2	4.26
12	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	54.5	17,276	1436	0.10	0.0001	0.0000	0.2	1	2	4.18
13	도금업	2,108	23,683	44.8	761	881	0.54	0.0013	0.0010	1.6	1	4	3.94
14	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7,091	46,930	46.3	1,772	998	0.19	0.0006	0.0000	0.8	1	4	3.71
15	자동차 차체용 신품 부품 제조업	4,296	149,959	43.8	5,179	1172	0.34	0.0018	0.0125	0.6	1	4	3.44

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값



[그림 III-22] 니켈(가용성화합물)의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

니켈(가용성화합물)의 평가건수는 연간 증가하고 있었으며, 불검출율은 49.4% 였다. 측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 1% 미만이었고, 95% tile은 최대 74.09%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 1개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 4.41% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 8개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위에는 9개 업종이 해당하였고, 6개 업종은 0.1~1% 범위에 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% 상위 노출지수가 50~100% 범위에 해당하는 업종은 2개, 10~50% 범위에는 13개 업종이 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 1.47~17.51 이었다. 주요 등급은 4등급 4개 업종, 3등급 10 업종, 2등급 1개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 2개, 2등급 10개, 1등급 3개 업종이었다.

〈표 III-126〉 니켈(가용성화합물)의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	6000	2819	47.0	1.50	4.93	0.0274	46.86	0.1000	0.0005	92.60	6.60
2019	6788	3549	52.3	1.33	5.45	0.0173	43.32	0.0007	0.0005	174.40	5.56
2020	7028	3597	51.2	1.53	6.28	0.0175	42.39	0.0007	0.0005	97.63	7.70
2021	7315	3486	47.7	1.38	5.44	0.0212	40.57	0.0450	0.0005	94.75	6.16
2022	7719	3778	48.9	0.99	4.40	0.0174	35.84	0.0300	0.0005	98.50	4.00
2023	7958	3912	49.2	1.06	4.53	0.0168	36.48	0.0200	0.0005	96.80	4.13
합계	42808	21141	49.4	1.28	5.19	0.0191	40.58	0.0200	0.0005	174.40	5.50

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-127〉 니켈(가용성화합물)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※				작업환경측정※				노출지수(EI, %)							
		사업장 수		근로자 수		사업장 수		근로자 수		n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수								
1	도금업	2108	23683	708.3	9579	16814	1.69	5.08	0.0563	40.73	0.2500	0.0005	79.0	8.05	25.0360		
2	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	52.7	21573	3061	0.64	2.41	0.0093	30.93	0.0006	0.0005	28.8	2.88	2.6334		
3	인쇄회로기판용 적층판 제조업	1646	29900	35.5	10725	1597	0.39	1.38	0.0059	23.85	0.0006	0.0005	30.9	2.13	1.0886		
4	도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업	76	1882	59.5	1855	1569	1.11	3.78	0.0262	38.98	0.1000	0.0005	49.4	4.90	10.8260		
5	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	82.2	1737	1468	0.62	2.37	0.0151	33.72	0.0007	0.0005	42.1	2.78	4.9385		
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	37.3	3254	1420	0.66	3.54	0.0065	28.60	0.0005	0.0005	52.3	1.90	1.6220		
7	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	19.7	102752	1102	0.29	1.25	0.0037	21.19	0.0005	0.0005	18.4	1.12	0.5641		
8	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	37.3	6551	866	0.98	5.29	0.0090	31.33	0.0006	0.0005	92.6	2.62	2.5943		
9	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	23.3	26602	639	0.56	4.32	0.0026	20.18	0.0005	0.0005	84.7	1.53	0.3706		
10	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	15.7	2289	620	0.09	0.17	0.0109	16.43	0.1000	0.0005	1.9	0.20	1.0862		
11	자동차 차체용 부품 제조업	4296	149959	25.8	5532	520	0.87	5.28	0.0097	30.47	0.0007	0.0005	80.1	2.48	2.6716		
12	기타 공학 연구개발업	1395	37470	14.2	6473	398	0.13	0.62	0.0020	13.56	0.0005	0.0005	9.0	0.64	0.1423		
13	제판 및 조판업	366	2122	16.7	564	369	1.07	2.84	0.0409	39.48	0.2375	0.0005	25.5	3.90	17.2985		
14	축전지 제조업	376	17024	7.5	1189	366	10.56	22.91	0.1313	95.76	0.8875	0.0005	97.6	74.09	238.3509		
15	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	8.5	477	361	10.23	19.42	0.5632	53.06	2.2500	0.0005	174.4	43.80	387.2068		

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-128〉 니켈(가용성화합물)의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	철연 코드세트 및 기타 도체 제조업	443	4467	0.7	19	12	5.44	3.71	4.41	1.92	4.17	1.9200	13.8	11.54	12.8
2	탄소성유 제조업	16	66	0.8	17	11	11.09	9.91	3.59	18.68	6.90	0.0005	30.6	27.60	443.3
3	배관 및 냉·난방장치 도매업	2824	6513	0.2	1	2	3.22	0.47	3.20	1.11	3.22	2.8889	3.6	3.52	3.8
4	수송용 운송장비 도매업	318	1093	0.2	1	2	3.04	1.07	2.94	1.29	3.04	2.2800	3.8	3.72	4.5
5	교량, 터널 및 철도 건설업	248	11450	0.2	5	1	1.80		1.80	1.00	1.80	1.8000	1.8	1.80	1.8
6	컨베이어 장치 제조업	798	3601	0.2	1	1	1.70		1.70	1.00	1.70	1.7000	1.7	1.70	1.7
7	인쇄용 및 필기용 원지 제조업	88	3057	0.2	5	1	1.54		1.54	1.00	1.54	1.5429	1.5	1.54	1.5
8	알루미늄 주물 주조업	465	3910	0.3	11	6	1.57	1.05	1.32	1.77	1.17	0.6500	3.4	3.09	3.4
9	기어 및 동력전달장치 제조업	1089	8718	1.3	434	10	1.20	0.48	1.13	1.42	1.00	0.7000	2.1	2.01	2.0
10	주방용 전기 기기 제조업	445	4477	0.2	1	5	0.96	0.05	0.96	1.05	1.00	0.9000	1.0	1.00	1.0
11	금속류 원료 재생업	1038	5905	1.2	54	26	7.42	10.28	0.90	23.49	3.70	0.0005	35.2	28.20	161.2
12	도시철도 운송업	58	12463	0.2	112	2	0.95	1.06	0.58	2.92	0.95	0.2000	1.7	1.63	3.4
13	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	8.5	477	361	10.23	19.42	0.56	53.06	2.25	0.0005	174.4	43.80	387.2
14	하수 처리업	222	3659	0.8	28	12	1.68	1.21	0.45	21.82	1.90	0.0005	4.1	3.55	72.3
15	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1115	1.0	950	39	6.84	14.00	0.44	22.35	0.62	0.0005	45.8	43.19	73.7

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-129〉 니켈(가용성화합물)의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

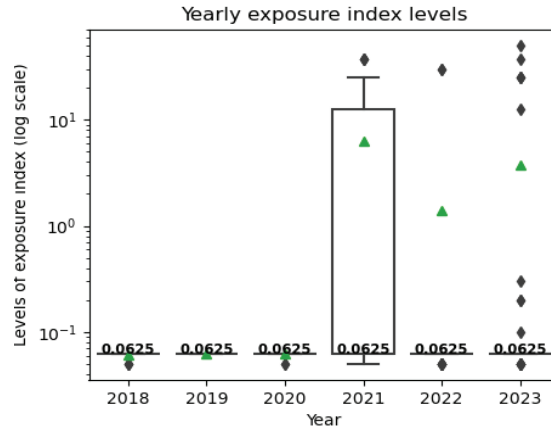
연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
													X _{0.95}
1	축전지 제조업	376	17024	7.5	1189	366	10.56	22.91	0.13	95.76	0.89	0.0005	97.6
2	마그네트 및 광학 매체 제조업	16	766	1.7	333	81	9.58	18.21	0.30	69.65	0.80	0.0005	83.3
3	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	8.5	477	361	10.23	19.42	0.56	53.06	2.25	0.0005	174.4
4	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1115	1.0	950	39	6.84	14.00	0.44	22.35	0.62	0.0005	45.8
5	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	2.8	1194	224	6.27	10.37	0.26	63.15	1.19	0.0005	63.8
6	금속류 원료 재생업	1038	5905	1.2	54	26	7.42	10.28	0.90	23.49	3.70	0.0005	35.2
7	탄소섬유 제조업	16	66	0.8	17	11	11.09	9.91	3.59	18.68	6.90	0.0005	30.6
8	강 주물 주조업	378	4730	1.7	73	37	3.53	8.99	0.06	63.99	0.63	0.0005	44.0
9	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	1336	15648	1.2	109	26	4.34	6.66	0.06	96.50	0.47	0.0005	18.8
10	그 외 기타 1차 철강 제조업	202	3536	1.8	227	39	2.09	7.50	0.00	26.33	0.00	0.0005	40.9
11	금속 단조제품 제조업	431	4287	1.0	151	12	3.21	10.01	0.07	36.78	0.38	0.0005	35.0
12	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	94	1163	1.5	77	48	2.58	6.40	0.18	24.72	0.39	0.0005	30.0
13	기록매체 복제업	74	580	2.3	76	25	1.93	4.50	0.01	56.56	0.00	0.0005	16.3
14	일반의원	29876	205674	1.0	67	22	1.37	4.14	0.01	37.84	0.00	0.0005	14.4
15	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1130	13047	1.0	160	48	2.60	5.43	0.01	70.33	0.00	0.0006	26.1
													12.37
													13.3

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-130〉 니켈(가용성화합물)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	도금업	2,108	23,683	708.3	9,579	16814	1.69	0.0563	0.2500	8.1	1	4	17.51
2	축전기 제조업	376	17,024	7.5	1,189	366	10.56	0.1313	0.8875	74.1	3	4	9.57
3	마그네틱 및 광학 매체 제조업	16	766	1.7	333	81	9.58	0.2978	0.8000	55.5	3	3	6.94
4	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10,714	8.5	477	361	10.23	0.5632	2.2500	43.8	2	4	5.54
5	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1,115	1.0	950	39	6.84	0.4444	0.6200	43.2	2	3	5.28
6	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6,321	2.8	1,194	224	6.27	0.2608	1.1922	28.3	2	3	3.33
7	금속류 원료 재생업	1,038	5,905	1.2	54	26	7.42	0.8955	3.7000	28.2	2	3	3.28
8	탄소섬유 제조업	16	66	0.8	17	11	11.09	3.5915	6.9000	27.6	2	3	3.19
9	강 주물 주조업	378	4,730	1.7	73	37	3.53	0.0627	0.6250	21.1	2	3	2.34
10	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	1,336	15,648	1.2	109	26	4.34	0.0630	0.4650	17.5	2	3	1.85
11	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	82.2	1,737	1468	0.62	0.0151	0.0007	2.8	1	2	1.82
12	그 외 기타 1차 철강 제조업	202	3,536	1.8	227	39	2.09	0.0019	0.0005	17.1	2	3	1.81
13	금속 단조제품 제조업	431	4,287	1.0	151	12	3.21	0.0686	0.3750	16.2	2	3	1.67
14	도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업	76	1,882	59.5	1,855	1569	1.11	0.0262	0.1000	4.9	1	4	1.56
15	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	94	1,163	1.5	77	48	2.58	0.1752	0.3875	14.7	2	3	1.47

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값



[그림 III-23] 니켈카르보닐의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

니켈카르보닐의 평가건수는 연간 18~47건 이었으며, 불검출율은 88.5% 였다. ‘18~’20년 까지는 모두 불검출이었고, ‘21~’23년에는 검출값이 있었다. ‘21~’23년의 산술평균 노출지수는 2.28%, 기하평균 노출지수는 0.11% 였다.

측정은 총 5개 업종에서만 이루어졌고, 2개 업종에서 측정한 비율이 95% 로 대부분을 차지하였고, 여기에서 일부 검출된 값이 있었다. 기하평균은 0.11~0.14% 수준이었으며, 95% tile은 12.5~30% 였고, 최대 노출지수는 50% 였다. 평가가 많이 이루어진 2개 업종은 주요등급 4등급에 해당하였고, 노출등급은 2등급에 해당하였다. 불검출값을 대체한 값이 0.05% 수준으로 일반적인 유기화합물에 비해서 큰 값이었다.

〈표 III-131〉 니켈카르보닐의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	30	30	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	18	18	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	38	38	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-
2021	40	27	67.5	6.29	10.94	0.3779	14.72	0.0625	0.0500	37.50	37.50
2022	45	43	95.6	1.39	6.24	0.0790	3.66	0.0625	0.0500	30.00	0.06
2023	47	37	78.7	3.79	10.70	0.1431	7.83	0.0625	0.0500	50.00	25.00
합계	218	193	88.5	2.28	7.70	0.1086	5.62	0.0625	0.0500	50.00	14.37

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-132〉 니켈카르보닐의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	1.0	780	190	2.29	7.69	0.1107	5.66	0.0625	0.0500	50.0
2	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	0.5	39	18	3.41	9.67	0.1363	7.31	0.0500	0.0500	30.0
3	기타 일반 도자기 제조업	199	724	0.2	2	4	0.05		0.0500	1.00	0.0500	0.0500	0.1
4	방사선 진단 및 병리 검사 의원	171	5081	0.2	120	4	0.05		0.0500	1.00	0.0500	0.0500	0.1
5	그 외 기타 혈화 및 단체	11190	48035	0.2	24	2	0.05		0.0500	1.00	0.0500	0.0500	0.1

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
 $X_{0.95}$: 95% tile, $X_{0.95e}$: 95% 상위 추정값

〈표 III-133〉 니켈카르보닐의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	1.0	780	190	2.29	0.1107	0.0625	12.5	2	4	1.94
2	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	0.5	39	18	3.41	0.1363	0.0500	30.0	2	4	1.91
3	기타 일반 도자기 제조업	199	724	0.2	2	4	0.05	0.0500	0.0500	0.1	1	1	-1.28
4	방사선 진단 및 병리 검사 의원	171	5,081	0.2	120	4	0.05	0.0500	0.0500	0.1	1	1	-1.28
5	그 외 기타 혈액 및 단체	11,190	48,035	0.2	24	2	0.05	0.0500	0.0500	0.1	1	1	-1.28

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

22) 망간

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

작업 환경에서 망간이 가장 중요한 노출 경로는 호흡기이다. 망간의 흡입 독성은 입자 분포와 이후의 약물동력학적 이벤트의 함수이다. 상기도 및 흉곽 내 주요 기도에 침착되는 입자(주로 점막 섬모 청소에 의해 제거됨)는 소화관으로 삼켜지며, 여기서 흡수율은 매우 낮다(약 3-5%). 망간의 일부 흡수는 상기도에서 발생하며, 특히 후각 신경을 통해서 그리고 가능성 있게는 중추 신경계로의 직접적인 이동을 통해 이루어진다. 호흡성 크기의 입자는 주로 후각 경로를 통해 흡수될 가능성이 높지만, 더 큰 가용성 입자로부터의 망간 흡수도 배제할 수 없다. 작업자들이 망간 또는 그 무기 화합물에 노출되었을 때 5 mg/m³(총 먼지) 이하의 수준에서도 신경계 손상(망간 중독) 증상이 관찰되었다. 세계보건기구(WHO)는 망간 수준이 총 먼지로 2-5 mg/m³만큼 낮은 수준에서도 임상적 질병이 발생한다고 결론지었다. 망간 노출의 더 민감한 영향은 중추 신경계에서 발생하며, 신경학적 및 신경 행동적 기능 테스트를 통해 감지될 수 있다. 이러한 영향은 망간 중독과 관련된 농도 수준보다 훨씬 낮은 노출 수준에서도 발생하며, 일부는 노출이 중단된 후에도 지속될 수 있다.

횡단면 연구에서 Roels 등(1992)은 벨기에 작업자들에서 신경 독성 효과를 발견했으며, 0.036 mg/m³(호흡성)의 8시간 TWA가 대부분의 작업자를 망간의 중추 신경계 효과로부터 보호할 것이라고 제안했다. 이러한 데이터로부터 5%, 2.5% 및 1% 사람의 손 안정성을 저하시킬 수 있는 노출 수준을 도출할 수 있는데, 이는 각각 0.05, 0.02 및 0.007 mg/m³(호흡성)이다. 독성 물질 및 질병 등록국(ATSDR, 2000)에 의한 추가 분석에서는 벤치마크 용량(BMD) 접근법을 사용하여 0.07 mg/m³(호흡성)의 BMDL₁₀을 무관찰 부작용 수준으로 도출했다. Crump 등(1999)은 Roels 등(1987b)의 이전 연구에서 11년 동안 추가로 추적 관찰한 작업자들에 대해 보고했다. 일반적으로, 11년 동안의 추적 관찰 기간 동안 얻은 신경학적 테스트 결과는 이전 의 결과와 비

교할 때 비슷하거나 더 우수했으며, 이는 작업자들이 나이가 많아지고 노출 기간이 더 길어졌음에도 불구하고 얻어진 결과입니다. 이 연구의 결과는 결정적이지는 않지만, Roels et al. (1987b)이 이전에 보고한 망간의 아임상적 효과가 지속적인 노출에도 불구하고 진행되지 않았다는 증거를 제공했다.

Mergler 등(1994)은 개별적으로 노출된 작업자와 대조군을 짝지어 비교하는 연구를 하였으며, 이 세부적인 신경 행동 연구는 중위수 0.032 mg/m^3 (호흡성)에 노출된 작업자들 사이에서 영향이 있음을 보고했다. 이 공장은 이 연구 직후에 폐쇄되었으며, 작업자들은 14년간 망간에 노출되지 않은 후 다시 검사되었는데, 여러 망간 관련 신경 행동 변화가 여전히 이 작업자들에게 관찰되었고, 일부 변화는 이전의 누적 망간 노출과 관련이 있었다.

Lucchini 등(1999)은 망간에 대한 최저 관찰 악영향 수준(LOAEL)을 약 0.10 mg/m^3 (총 먼지)로 도출했다. 이 LOAEL은 평균 11.5년 동안의 노출 후 신경 행동 결함과 관련된 망간의 평균 농도이다. 이 연구에서 관찰된 효과는 기하 평균 0.038 mg/m^3 (호흡성)에 해당하는 수준에서 발생했다.

Bast-Pettersen 등(2004)은 기하 평균 농도 0.036 mg/m^3 (호흡성)에 노출된 작업자들에서 떨림(손의 안정성 저하)이 증가했음을 보여주었다. 남아프리카의 망간 제련소 노동자들을 대상으로 한 대규모 연구에서 Young 등(2005)은 $0.01\text{--}0.04 \text{ mg/m}^3$ (호흡성)에 노출된 작업자들 사이에서 신경행동 변화가 증가했음을 입증했다.

망간에 대한 TLV를 도출할 때, Bast-Pettersen(2004), Lucchini(1999), Mergler(1994), Roels(1992)의 연구에서 도출된 LOAELs(각각 0.036 , 0.032 , 0.038 , 0.036 mg Mn/m^3)가 고려되었으며, 이는 $0.03\text{--}0.04 \text{ mg/m}^3$ (호흡성) 범위에서 비슷한 수준이었다. 남아프리카 제련소 노동자들을 대상으로 한 Young(2005)의 데이터와 용접공을 대상으로 한 Park(2006)의 데이터도 유사했다.

망간 및 그 무기 화합물에 대해 호흡성 입자의 TLV-TWA를 0.02 mg/m^3 로

권장하여 망간에 노출된 작업자들의 전임상적, 유해한 신경생리학적 및 신경심리학적 효과를 줄이고자 하였다. 이 TLV는 관찰된 LOAEL 값 범위보다 1.5-2.0배 낮으며, Young 등(2005)이 발견한 범위의 하단에 가깝다. Roels 등(1992)의 통계 모델에 따르면, 0.02 mg/m³(호흡성) 수준은 2.5%의 작업자에게 손의 안정성이 저하되는 결과를 초래할 것이다(미세 테스트에서 감지되지만 임상적으로는 나타나지 않음).

대부분의 망간은 폐의 미세 가스 교환 부위에 침착된 입자에서 흡수된다. 따라서 가장 큰 우려가 되는 입자는 미세 호흡 가능 입자 부분(주로 < 4 μm)이다. 일부 직업적 노출 프로파일에는 4 μm MMAD보다 큰 입자가 상당 부분 포함된 에어로졸이 포함되어 있으므로, 입자가 4 μm보다 큰 것으로 예상되는 조건에 대해서는 0.1 mg/m³의 추가 TLV-TWA(흡입성)도 권장된다. 흡입성 노출기준은 흡입 노출로 인한 장 흡수를 일부 방어하고, 비인두에 침착된 더 용해성이 높은 입자에서의 흡수를 방어할 수 있다. 흡입 가능 질량과 호흡 가능 질량의 비율은 1:1(대부분의 용접 형태)에서 10:1 또는 그 이상(철 합금 산업)까지 다양할 수 있다. 중간 비율인 5:1을 선택하여 권장 호흡성 노출기준에 적용하였고, 흡입성 노출기준을 0.1 mg/m³로 추정했다. 흡입성과 호흡성 망간 비율 5:1은 영국 환경 및 건강 연구소(Levy et al., 2003)가 제안한 것과 유사하다. 망간에 대한 흡입성 노출기준을 사용할 경우, 이는 호흡성 노출기준에 추가적으로 사용되어야 한다.

망간의 발암성과 관련된 동물 실험 결과가 모호하고, 동물에 대한 망간 흡입 발암 연구가 없으며, 망간 관련 암을 평가한 인간 연구가 부족하므로, A4, 인간 발암성 분류 불가(not classifiable as a human carcinogen)라는 표기가 지정되었다. 충분한 데이터가 없기 때문에 단시간 노출기준, 피부(Skin), 호흡기 감각(RSEN), 또는 피부 감각(DSEN) 표기를 추천할 수 없다.

망간과 그 무기 화합물은 여러 산업에서 널리 사용된다. 가장 흔한 형태는 금속 망간과 망간이 Mn(II), Mn(III), 그리고 Mn(IV) 형태로 존재하는 화합물들이다(주로 MnCl₂, MnSO₄, MnPO₄, MnO₂, 그리고 Mn₂O₃ 형태). 망간은

특히 다른 금속과 합금화되어 경도를 부여하는데, 주로 강철 제조에 사용된다. 망간의 무기 화합물은 다양한 용도로 사용된다. 망간 염화물(MnCl_2)은 축매와 동물 사료 보충제로 사용되고, MnO_2 와 MnCl_2 모두 건전지 생산에 사용된다. 산화물은 또한 불꽃놀이, 성냥, 자기 및 유리 접합 재료 제조에 사용되며, 망간 황산염(MnSO_4)은 비료, 도자기, 유약, 니스; 영양 보충제; 그리고 살균제로 사용된다.

광산에서의 망간의 공기 중 농도는 $1.5\text{--}450\text{ mg/m}^3$ (미국 환경 보호국, 1984); 합금 주조 공장에서 $0.3\text{--}2.0\text{ mg/m}^3$ (Saric와 Lucic-Palaic, 1977); 건전지 제조에서 $3\text{--}18\text{ mg/m}^3$ (Emara et al., 1971); 용접 작업에서는 대부분 $1\text{--}4\text{ mg/m}^3$ (Sjögren et al., 1990) 였다. 그러나 망간 함유 와이어로 용접할 때는 14 mg/m^3 에 이를 수 있다(WHO, 1999). 다른 연구자들은 다양한 작업 환경에서 평균 농도가 1 mg/m^3 이하 였다(Bast-Pettersen et al., 2004; Ellingsen et al., 2003b; Lucchini et al., 1995, 1999; Mergler et al., 1994; Roels et al., 1987a, b, 1992, 1999).

근로자가 흡입한 망간 함유 입자의 호흡기 계통 내 침착은 신체 작업량(일회 호흡량, 호흡 속도, 코 또는 입으로의 호흡)에 따라 달라지며 제조 공정에 따라서 상당히 다를 수 있다. Oberdörster 등(1988)은 공기 중 망간 입자가 마이크로미만에서 $10\text{ }\mu\text{m}$ 이상의 직경까지 다양한 크기를 가질 수 있다고 보고한 반면, 용해, 제강 또는 용접 중 생성된 망간 흡(fume)은 주로 마이크로미만 범위에 속한다고 보고했다. 망간에 노출된 근로자들에 대한 크기 선택적 노출 측정은 거의 이루어지지 않았다. 대부분의 경우, 노출은 25mm 또는 37mm 폐쇄형 카세트를 사용하여 "총 먼지" 에어로졸로 보고되거나, "호흡성" 에어로졸로 보고되었다. 망간 합금 작업에서 전통적인 "총 먼지" 샘플러는 IOM 흡입성 샘플러에 비해 흡입성 에어로졸에 대한 노출을 약 두 배 정도 과소평가하는 것으로 보였다. Bast-Pettersen 등(2004)은 망간 합금 생산 근로자들의 흡입성 입자 물질에 대한 기하 평균 노출이 0.30 mg/m^3 이며, 그 중 10.6%(또는 0.03 mg/m^3)가 호흡성 크기 분율에 속한다고 언급했다.

Ellingsen 등(2003b)의 데이터에서는 같은 집단에서 흡입성과 호흡성 비율은 산술평균이 11.6:1, 기하 평균은 8.4:1 이었다.

망간 합금 생산 노동자에 대한 다른 연구에서는 용광로 지역에서 기하 평균 총 먼지 농도가 각각 0.27 및 0.24 mg/m³, 유지 보수 지역에서 0.12 및 0.055 mg/m³로 보고되었다. 망간 산화물과 염을 생산하는 공장에서 기하 평균 농도 0.94 mg/m³ (총 먼지)가 보고되었으며, 망간 광석 처리 공장에서 0.05 mg/m³ (총 먼지)가 보고되었다. 호주 페로합금 공장에서의 연간 평균 개인 노출은 0.38 mg/m³ (흡입성) 및 0.12 mg/m³ (호흡성)로 나타났다.

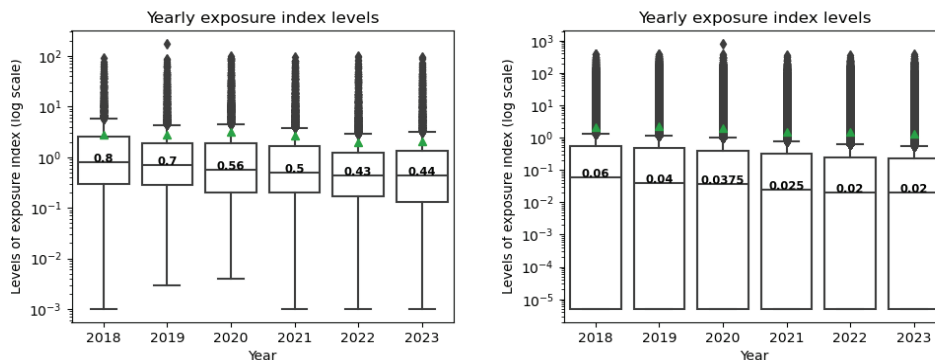
망간 함유 합금에서 금속 흡을 생성하는 용접 및 기타 공정은 미세 망간 입자 노출의 원인이며, 흡에는 고농도의 산화망간(MnO₂)이 존재할 수 있다. 또한, MnO₂는 보호 아크 전극의 코팅 및 전극의 합금 원소로 플렉스 제제로 사용된다. 미국에는 2008년에 약 466,400명의 용접공이 있었으며, 전 세계적으로는 백만 명 이상이 용접을 작업 중 수행했다. 1990년대 초반부터 용접 흡에서의 망간 노출에 대한 우려가 증가했다. 노출은 용접되는 금속에 포함된 망간뿐만 아니라 특정 용접봉과 와이어에 존재하는 망간에서 발생한다. Korczynski(2000)는 캐나다의 42명의 용접공에서 개인 노출 수준이 "총 먼지"에서 0.01-4.93 mg/m³이며, 62%가 0.2 mg/m³ 이상의 망간 노출을 보였다. 제한된 공간 작업에서는 호흡성 에어로졸에 0.11-0.46 mg/m³로 노출되고 있었다. 용접 흡의 입자는 일반적으로 직경 4 μm 이하로 호흡성 크기 범위에 속한다.

노출 챔버 연구에 따르면, 용접 헬멧 내부의 용접 흡 수준은 호흡성 에어로졸에서 일관되게 0.1 mg/m³를 초과할 수 있으며, 경우에 따라 1.0 mg/m³에 이를 수 있었고, 이는 일반 환기량이 2000 cfm을 초과할 때도 마찬가지였다. 용접 작업의 상류 및 하류에서의 채취된 지역 시료는 주기적으로 호흡성 에어로졸에서 0.2 mg/m³를 초과할 수 있으며, 이는 용접 작업 근처의 다른 근로자들에게 노출 위험이 있음을 나타낸다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 689,088건이며, 물질명 오류 62건, 횡수조정 849건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 647건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $0.66 \sim 1 \text{ mg/m}^3$) 자료 455건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 687,075건이었으며, 불검출 값은 231,390건(33.7%)이었다.

망간의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 33.7% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 1.75%였으며, 기하평균은 0.0055% 였다.



[그림 III-24] 망간의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.2% 미만 이었고, 95% tile은 최대 39.2%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 10개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 2.8% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 8개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위에는 6개 업종, 0.1~1% 범위에는 9개 업종이 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 189%로 노출기준을 초과하는 수준이었다. 나머지 14개 업종 중, 50~100% 범위에 2개 업종, 10~50% 범위

에 12개 업종이 있었다..

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 4.36~20.09 이었다. 주요 등급은 4등급 9개 업종, 3등급 3개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 4등급 1개, 3등급 2개, 2등급 4개, 1등급 8개 업종이었다.

〈표 III-134〉 망간의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	96849	30679	31.7	2.10	9.80	0.0089	218.29	0.0600	0.0000	396.02	9.19
2019	110579	38080	34.4	2.20	11.33	0.0063	236.59	0.0400	0.0000	395.76	8.86
2020	110283	36915	33.5	1.95	9.78	0.0062	213.76	0.0375	0.0000	805.10	8.27
2021	108904	37702	34.6	1.55	8.00	0.0047	199.44	0.0250	0.0000	365.86	6.19
2022	124790	44258	35.5	1.56	8.64	0.0039	191.76	0.0200	0.0000	361.65	5.74
2023	135670	43756	32.3	1.34	8.04	0.0048	159.34	0.0200	0.0000	380.68	4.76
합계	687075	231390	33.7	1.75	9.28	0.0055	201.00	0.0300	0.0000	805.10	6.96

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-135〉 망간의 측정건수 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	강선 건조업	2596	76573	97.0	93180	54092	7.18	22.93	0.0418	301.76	0.2550	0.0000	805.1	39.20	501.9724
2	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	537.8	60398	44535	4.55	13.98	0.1164	97.97	0.3300	0.0000	310.5	23.85	219.5023
3	기타 선박 건조업	560	6397	49.0	46461	26764	2.62	15.47	0.0013	312.60	0.0100	0.0000	396.0	9.07	16.2192
4	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	1224.2	25415	24575	1.58	6.26	0.0113	194.90	0.0700	0.0000	270.3	7.20	65.9371
5	그 외 자동차용 부품 부품 제조업	4427	71377	766.2	61944	22499	0.96	4.27	0.0109	149.11	0.0656	0.0000	374.5	4.60	41.1649
6	자동차 종합 수리업	7841	46581	1576.8	23358	20642	0.06	0.68	0.0003	67.92	0.0020	0.0000	47.6	0.11	0.3383
7	자동차 차체용 부품 부품 제조업	4296	149959	480.5	54701	17529	0.64	2.53	0.0085	144.03	0.0600	0.0000	81.8	2.79	30.1422
8	그 외 기타 금속 가공업	11894	57148	783.0	12994	16591	1.32	6.56	0.0068	203.83	0.0500	0.0000	327.5	5.60	42.5653
9	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	39.5	12219	15039	0.52	2.89	0.0069	131.85	0.0600	0.0000	151.7	1.86	21.1259
10	아파트 건설업	3082	330427	709.8	127996	14532	0.75	3.96	0.0050	115.77	0.0200	0.0000	128.6	2.81	12.3456
11	기타 구조용 금속제품 제조업	5913	37308	569.0	12175	12747	2.37	7.77	0.0270	178.67	0.1556	0.0000	130.0	11.83	136.6520
12	제철업	21	756	9.8	27684	12518	0.26	1.86	0.0148	24.65	0.0210	0.0000	97.4	0.90	2.8854
13	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7091	46930	548.5	12145	12146	1.28	4.57	0.0111	180.01	0.0713	0.0000	96.2	6.02	56.8879
14	제강업	106	24410	70.3	23808	12022	0.24	1.90	0.0007	103.46	0.0040	0.0000	79.7	0.72	1.4441
15	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	465.8	53182	10357	1.29	6.02	0.0070	161.68	0.0400	0.0000	193.1	5.55	30.0931

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-136〉 망간의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	기타 기술 및 직업 훈련학원	4208	16894	0.8	11	20	6.88	8.84	2.80	4.40	2.80	0.1100	32.6	20.38	31.9
2	포장 및 충전업	1772	17999	1.3	186	28	5.26	5.75	1.92	14.16	2.76	0.0000	18.0	17.32	150.5
3	철 광업	6	166	1.0	98	12	12.44	14.84	1.69	62.63	7.32	0.0000	44.4	39.70	1522.5
4	코르크 및 조물 제품 제조업	67	211	0.2	6	1	1.57		1.57	1.00	1.57	1.5700	1.6	1.57	1.6
5	기타 사행시설 관리 및 운영업	25	7850	0.2	617	2	1.61	1.39	1.27	2.04	1.61	0.6200	2.6	2.49	4.1
6	컴퓨터 시스템 통합 자문 및 구축 서비스업	1856	22663	0.2	13	2	1.49	1.37	1.13	2.18	1.49	0.5200	2.5	2.36	4.1
7	자동차 임대업	2006	6290	0.7	15	7	15.36	15.92	0.98	174.95	14.50	0.0000	39.5	36.95	4813.9
8	화물 포장, 검수 및 계량 서비스업	815	11754	0.5	20	8	2.70	4.30	0.89	6.91	1.17	0.0100	13.1	9.54	21.3
9	기타 오락용품 제조업	57	261	0.5	22	13	1.33	1.17	0.72	3.97	0.94	0.0400	3.4	3.32	7.0
10	도시 계획 및 조정 설계 서비스업	1104	4822	0.3	7	3	2.82	4.65	0.53	6.93	0.14	0.1300	8.2	7.38	12.8
11	수상 금속 골조 구조재 제조업	158	989	6.3	68	149	3.73	8.79	0.39	38.81	0.72	0.0000	67.1	12.85	158.4
12	기타 내륙 수상 운송업	71	673	1.2	58	24	10.55	24.47	0.38	61.00	1.36	0.0000	95.8	60.87	328.9
13	화장품 및 화장품용 도매업	8790	32162	0.7	36	9	1.62	2.69	0.38	6.01	0.60	0.0500	7.5	6.47	7.3
14	연료, 광물, 1차 금속, 비료 및 화학제품 중개업	207	415	0.2	4	3	0.35	0.26	0.29	1.76	0.20	0.1900	0.7	0.61	0.7
15	어망 및 기타 끈 가공품 제조업	346	1876	1.3	14	16	4.02	10.00	0.29	76.06	0.76	0.0000	40.7	16.15	359.8

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-137〉 망간의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	그 외 기타 종합 소매업	5530	17014	1.2	26	55	23.06	59.43	0.03	1290.46	1.69	0.0000	283.8	189.06	3562.4
2	건물 및 구축물 해체 공사업	3466	10923	5.0	196	125	13.31	42.84	0.22	60.93	0.27	0.0000	361.6	76.82	193.1
3	기타 내륙 수상 운송업	71	673	1.2	58	24	10.55	24.47	0.38	61.00	1.36	0.0000	95.8	60.87	328.9
4	철 광업	6	166	1.0	98	12	12.44	14.84	1.69	62.63	7.32	0.0000	44.4	39.70	1522.5
5	강선 건조업	2596	76573	97.0	93180	54092	7.18	22.93	0.04	301.76	0.26	0.0000	805.1	39.20	502.0
6	보링, 그라우팅 및 관정 공사업	1022	2659	2.7	64	45	4.41	13.13	0.02	177.95	0.07	0.0000	58.4	38.28	98.6
7	자동차 임대업	2006	6290	0.7	15	7	15.36	15.92	0.98	174.95	14.50	0.0000	39.5	36.95	4813.9
8	자전거 및 한자용 차량 제조업	102	520	2.2	58	44	6.96	13.52	0.14	248.07	1.05	0.0000	71.0	32.29	1218.4
9	철골 및 관련 구조물 공사업	1356	5912	52.5	1171	1721	5.46	14.34	0.18	110.86	0.67	0.0000	179.5	30.69	410.0
10	교통 신호장치 제조업	199	1401	7.5	77	105	5.85	17.74	0.03	316.01	0.12	0.0000	158.2	30.41	373.3
11	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	120.3	8973	5498	5.46	12.38	0.19	110.01	0.74	0.0000	248.7	30.01	438.8
12	지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	670	2354	1.0	26	19	5.29	9.91	0.25	69.44	0.40	0.0000	29.6	28.41	268.7
13	전시 및 광고용 조명장치 제조업	406	1845	2.2	104	29	4.91	11.66	0.00	665.16	0.06	0.0000	49.1	27.21	155.3
14	건설용 석재 채굴 및 채석 생산업	350	3292	13.3	460	118	5.10	12.59	0.07	157.47	0.25	0.0000	86.5	26.28	276.9
15	목재 포장용 상자, 드럼 및 유사 용기 제조업	638	3588	3.7	137	56	3.06	7.63	0.02	109.73	0.02	0.0000	32.0	24.47	45.1

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-138〉 망간의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재기업※		작업환경측정※			노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$			
1	그 외 기타 종합 소매업	5,530	17,014	1.2	26	55	23.06	0.0272	1.6910	189.1	4	3	20.09
2	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	1,576.8	23,358	20642	0.06	0.0003	0.0020	0.1	1	2	14.73
3	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21,784	120,380	1,224.2	25,415	24575	1.58	0.0113	0.0700	7.2	1	4	12.07
4	건물 및 구축물 해체 공사업	3,466	10,923	5.0	196	125	13.31	0.2237	0.2700	76.8	3	3	7.84
5	그 외 기타 금속 가공업	11,894	57,148	783.0	12,994	16591	1.32	0.0068	0.0500	5.6	1	4	7.61
6	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	766.2	61,944	22499	0.96	0.0109	0.0656	4.6	1	4	7.34
7	선박 구성 부분품 제조업	3,256	52,409	537.8	60,398	44535	4.55	0.1164	0.3300	23.9	2	4	7.22
8	아파트 건설업	3,082	330,427	709.8	127,996	14532	0.75	0.0050	0.0200	2.8	1	2	6.59
9	기타 구조용 금속제품 제조업	5,913	37,308	569.0	12,175	12747	2.37	0.0270	0.1556	11.8	2	4	6.21
10	기타 내륙 수상 운송업	71	673	1.2	58	24	10.55	0.3804	1.3600	60.9	3	3	6.06
11	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7,091	46,930	548.5	12,145	12146	1.28	0.0111	0.0713	6.0	1	4	5.37
12	강선 건조업	2,596	76,573	97.0	93,180	54092	7.18	0.0418	0.2550	39.2	2	4	4.62
13	기타 토목 시설물 건설업	25,370	259,316	465.8	53,182	10357	1.29	0.0070	0.0400	5.6	1	4	4.52
14	육상 금속 골조 구조재 제조업	3,602	25,631	349.7	7,590	8017	3.07	0.0307	0.1900	14.9	2	4	4.41
15	자동차 차체용 부품 제조업	4,296	149,959	480.5	54,701	17529	0.64	0.0085	0.0600	2.8	1	2	4.36

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

23) 산화아연

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

아연 산화물에 대한 직업적 노출에 대해 권장되는 TLV-TWA는 2 mg/m^3 이다. 이는 금속 흡 열병의 발생을 줄이기 위한 것으로, 금속 흡 열병은 오한, 근육통, 메스꺼움 및 구토를 특징으로 한다. 또한 TLV-STEL은 10 mg/m^3 로 권장되는데, 이는 통제된 임상 노출에서 높은 수준의 아연 산화물(10 mg/m^3 이상)에 잠깐 노출된 후에도 상당한 폐 반응이 발생함을 보여주었기 때문이다. 이러한 TLV는 호흡성 입자 질량으로 표현되는데, 이는 용접과 같은 고온 작업에서 생성되는 흡 입자가 미세 및 초미세 크기 분율에 속하기 때문이다. 피부, 감작제, 또는 발암성 표시에 대한 근거 데이터는 불충분하거나 제공되지 않았다.

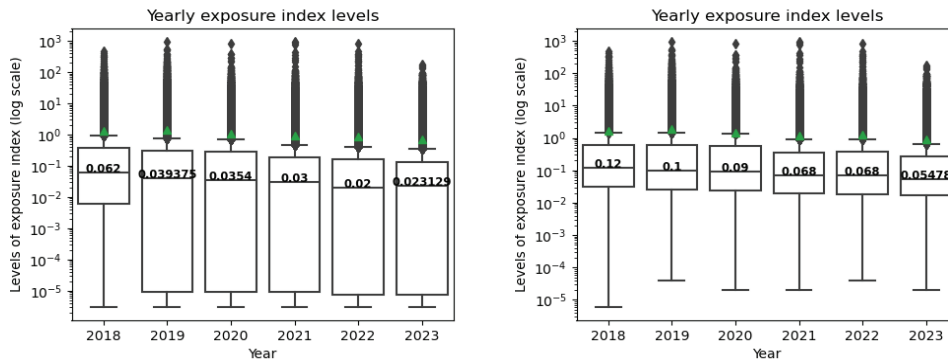
아연 산화물은 안료, 고무, 화장품 및 연고, 전자 기기 등에서 널리 사용된다. 금속 아연이 공기 중에서 끓는점(907°C)에 가까운 온도로 가열되면 휘발되어 즉시 아연 산화물의 흰 흡으로 산화된다. 아연 산화물에 대한 직업적 노출은 아연 산화물의 제조 과정에서 먼지 형태로 발생할 수 있으며, 아연 또는 아연 함유 합금을 고온에 노출시키는 결과로 흡 형태로 발생할 수 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 266,834건이며, 물질명 오류 7건, 횡수조정 129건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 81건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $1.3 \text{ mg/m}^3 \sim 2 \text{ mg/m}^3$, $3.3 \text{ mg/m}^3 \sim 5 \text{ mg/m}^3$) 자료 223건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 266,394건이었으며, 불검출 값은 69,750건(26.2%)이었다.

산화아연의 노출기준은 호흡성 2 mg/m^3 와 충분진으로 5 mg/m^3 이 설정되어 있다. 이들을 별도로 구분하지 않고, 측정값을 노출기준으로 나누어 노출지수를 구하고 이를 기준으로 자료를 정리하였다.

산화아연의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 26.2% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 1.05%였으며, 기하평균은 0.0073% 였다.



[그림 III-25] 산화아연의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.2% 미만 이었고, 95% tile은 최대 12.37%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 3개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 0.60% 수준이었다. 측정 건수가 10개 미만인 업종이 8개가 포함되었다. 모든 업종의 기하평균 노출지 수는 0.1~1% 범위에 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상 위 노출지수는 43.14% 였고, 나머지 14개 업종도 10~50% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 4.06~12.87 이었다. 주요 등급은 4등급 4개 업종, 3등급 7개 업종, 2등급 4개 업종이었 다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 8개, 1등급 7개 업종이었다.

〈표 III-139〉 산화아연의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	40379	8311	20.6	1.37	7.80	0.0172	106.47	0.0620	0.0000	467.76	5.58
2019	46639	12094	25.9	1.40	10.27	0.0088	144.98	0.0394	0.0000	942.41	5.04
2020	42545	10937	25.7	1.09	7.21	0.0084	136.17	0.0354	0.0000	804.92	4.45
2021	38974	9909	25.4	0.92	9.41	0.0072	114.88	0.0300	0.0000	935.85	3.31
2022	47629	14946	31.4	0.87	7.31	0.0038	152.18	0.0200	0.0000	825.26	3.18
2023	50228	13553	27.0	0.69	3.83	0.0053	113.36	0.0231	0.0000	176.45	2.55
합계	266394	69750	26.2	1.05	7.83	0.0073	130.56	0.0320	0.0000	942.41	3.91

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-140〉 산화아연의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	강선 건조업	2596	76573	83.8	91674	49399	2.67	10.28	0.0242	255.57	0.1840	0.0000	467.8	12.37	220.5764
2	기타 선박 건조업	560	6397	21.8	45098	24677	0.93	7.05	0.0010	318.34	0.0080	0.0000	384.6	2.77	13.1505
3	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	132.3	50046	22454	2.47	19.58	0.1239	28.31	0.1678	0.0000	942.4	8.55	30.3198
4	도금업	2108	23683	374.8	5509	8778	0.31	1.40	0.0124	44.49	0.0281	0.0000	41.0	1.38	6.3872
5	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	17.8	9651	8415	0.49	1.81	0.0458	18.97	0.0560	0.0000	34.6	2.08	5.8003
6	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	249.5	28083	7245	0.20	1.27	0.0052	62.48	0.0225	0.0000	48.4	0.62	4.6339
7	자동차 차체용 부품 제조업	4296	149959	144.2	23396	5156	0.27	1.38	0.0035	97.34	0.0200	0.0000	49.9	1.11	6.5815
8	제철업	21	756	4.2	27287	4599	0.21	1.43	0.0103	26.93	0.0172	0.0000	64.2	0.61	2.3194
9	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57184	19.8	271401	4417	0.15	0.87	0.0034	79.42	0.0186	0.0000	37.3	0.51	4.5426
10	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	215.8	3592	3908	0.89	4.77	0.0227	50.94	0.0550	0.0000	89.2	2.43	14.6158
11	자동차 종합 수리업	7841	46581	235.7	4563	3847	0.09	0.33	0.0072	40.99	0.0250	0.0000	8.5	0.34	3.2195
12	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	110.8	30289	3446	0.23	2.10	0.0016	82.67	0.0090	0.0000	67.2	0.51	2.2745
13	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	54	2955	10.2	2650	3442	1.19	4.01	0.0943	28.00	0.1550	0.0000	49.7	4.98	22.6486
14	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	16.0	7534	3380	0.15	2.04	0.0000	37.89	0.0000	0.0000	62.1	0.19	0.0060
15	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	77.0	8550	3010	0.19	2.05	0.0028	55.77	0.0125	0.0000	49.0	0.31	2.0653

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-141〉 산화아연의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	일반 통신 공사업	23792	59262	0.2	2	1	0.60		0.60	1.00	0.60	0.6000	0.6
2	기타 곡물 가공품 제조업	407	2922	1.0	44	8	3.12	6.48	0.53	6.18	0.34	0.0450	18.7
3	강관 가공품 및 관 연결구류 제조업	25	96	1.3	41	27	6.87	14.02	0.51	24.65	0.38	0.0000	49.9
4	우편 및 통신 행정	9	264	0.2	74	2	0.55	0.33	0.50	1.58	0.55	0.3150	0.8
5	자전거 및 완자용 차량 제조업	102	520	0.3	15	8	0.76	1.12	0.44	2.52	0.41	0.1620	3.5
6	코르크 및 조물 제품 제조업	67	211	1.3	13	22	1.27	3.25	0.40	3.95	0.37	0.0300	15.6
7	택시 운송업	1829	101144	0.2	67	1	0.27		0.27	1.00	0.27	0.2706	0.3
8	동 주물 주조업	50	515	15.8	294	783	2.46	8.45	0.25	19.55	0.28	0.0000	94.9
9	건물용 금속 공작물 설치 공사업	2137	8572	2.0	32	24	2.98	6.30	0.22	12.10	0.14	0.0040	22.6
10	기타 운동 및 경기용구 제조업	382	2084	2.2	193	51	1.38	3.77	0.20	10.27	0.14	0.0000	21.3
11	속도계 및 적산계기 제조업	197	2060	1.7	23	46	2.21	3.64	0.19	45.75	0.44	0.0000	14.1
12	전자 응용 절삭기계 제조업	215	4849	0.2	197	2	0.75	1.03	0.18	8.21	0.75	0.0220	1.5
13	합금철 제조업	78	1320	4.8	475	247	1.90	4.04	0.17	40.38	0.43	0.0000	33.7
14	주거용 건물 임대업	2631	5064	0.2	9	1	0.15		0.15	1.00	0.15	0.1450	0.1
15	기타 환경 정화 및 복원업	720	6838	0.2	1	4	0.18	0.12	0.14	2.30	0.17	0.0350	0.3

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-142〉 산화아연의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	강관 가공품 및 관 연결구류 제조업	25	96	1.3	41	27	6.87	14.02	0.51	24.65	0.38	0.0000	49.9	43.14	99.5
2	플라스틱 시트 및 판 제조업	75	560	3.0	100	60	8.65	14.28	0.02	500.09	0.03	0.0000	66.7	36.60	648.5
3	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	1268	14936	5.3	516	73	5.57	12.11	0.00	381.39	0.00	0.0000	55.4	31.03	33.4
4	무기 인로용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업	33	519	9.2	363	736	4.15	9.33	0.05	188.50	0.20	0.0000	68.8	23.49	250.3
5	유기질 비료 및 상토 제조업	253	1003	1.0	39	18	2.69	7.78	0.02	33.51	0.03	0.0000	26.1	22.48	6.8
6	건물용 금속 공작물 설치 공사업	2137	8572	2.0	32	24	2.98	6.30	0.22	12.10	0.14	0.0040	22.6	19.20	13.4
7	연료용 가스 제조 및 배관공업	311	12062	1.5	81	58	2.47	5.35	0.05	106.61	0.12	0.0000	22.6	17.59	114.4
8	지정 외 폐기물 처리업	558	5209	5.8	209	189	2.31	6.67	0.01	247.64	0.03	0.0000	45.8	14.56	52.6
9	핵반응기 및 증기보일러 제조업	47	813	1.0	261	20	3.54	12.51	0.00	303.42	0.00	0.0000	55.5	14.00	2.4
10	기타 곡물 가공품 제조업	407	2922	1.0	44	8	3.12	6.48	0.53	6.18	0.34	0.0450	18.7	13.81	10.6
11	광업 지원 서비스업	15	135	4.0	262	157	2.77	5.03	0.02	246.85	0.04	0.0000	21.3	13.68	134.9
12	분사기 및 소화기 제조업	285	2677	1.0	83	32	2.09	4.85	0.03	151.59	0.15	0.0000	21.0	13.61	113.7
13	강선 건조업	2596	76573	83.8	91674	49399	2.67	10.28	0.02	255.57	0.18	0.0000	467.8	12.37	220.6
14	자동차용 부품 동력 전달장치 제조업	290	4154	2.3	600	55	2.20	6.00	0.12	17.34	0.06	0.0000	37.1	10.67	13.5
15	속도계 및 적산계기 제조업	197	2060	1.7	23	46	2.21	3.64	0.19	45.75	0.44	0.0000	14.1	10.66	105.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-143〉 산화아연의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	도금업	2,108	23,683	374.8	5,509	8778	0.31	0.0124	0.0281	1.4	1	4
2	강관 가공품 및 관 연결구류 제조업	25	96	1.3	41	27	6.87	0.5107	0.3800	43.1	2	3
3	플라스틱 시트 및 판 제조업	75	560	3.0	100	60	8.65	0.0236	0.0300	36.6	2	3
4	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	249.5	28,083	7245	0.20	0.0052	0.0225	0.6	1	2
5	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	1,268	14,936	5.3	516	73	5.57	0.0019	0.0040	31.0	2	3
6	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	235.7	4,563	3847	0.09	0.0072	0.0250	0.3	1	2
7	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	215.8	3,592	3908	0.89	0.0227	0.0550	2.4	1	4
8	선박 구성 부분품 제조업	3,256	52,409	132.3	50,046	22454	2.47	0.1239	0.1678	8.6	1	4
9	무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업	33	519	9.2	363	736	4.15	0.0452	0.1950	23.5	2	3
10	강선 건조업	2,596	76,573	83.8	91,674	49399	2.67	0.0242	0.1840	12.4	2	4
11	유기질 비료 및 상토 제조업	253	1,003	1.0	39	18	2.69	0.0210	0.0275	22.5	2	3
12	그 외 기타 고무제품 제조업	1,780	15,030	149.8	5,107	2936	0.47	0.0095	0.0350	1.0	1	2
13	자동차 차체용 부품 제조업	4,296	149,959	144.2	23,396	5156	0.27	0.0035	0.0200	1.1	1	2
14	건물용 금속 공작물 설치 공사업	2,137	8,572	2.0	32	24	2.98	0.2226	0.1380	19.2	2	3
15	연료용 가스 제조 및 배관공사업	311	12,062	1.5	81	58	2.47	0.0528	0.1194	17.6	2	3

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, 노출등급($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), 주요등급: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), 주요지수= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

24) 수은 (아릴, 알킬)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

- 원소, 무기수은 및 아릴 화합물

아릴 수은 화합물은 0.1 mg/m^3 (수은 기준), 원소 및 무기 수은은 0.025 mg/m^3 (수은 기준)의 TLV-TWA가 권장된다. 이 값은 임상전 중추 신경계(CNS) 변화 및 신장 영향을 최소화하고, 근로자가 정상적인 인지 및 신체 기능을 가진 건강한 아이를 낳을 수 있는 기능을 유지할 수 있도록 어느 정도 보장하려는 것이다. 이러한 값은 또한 진전, 감정 불안정 및 과민성, 말초 신경병증, 치은염, 구강염, 안구 및 시력 변화, 청력 손실, 신장 장애 등의 수은 중독의 고전적 징후와 증상에 대한 상당한 보호를 제공한다.

수은 노출로 인한 생식 영향에 대한 인간 데이터는 적지만, 동물 연구에서는 무기 수은이 내분비 및 생식 기능에 영향을 미쳐 수컷 및 암컷 설치류의 생식력이 상당히 감소할 수 있음을 보여주었다. 또한 동물 연구에서 모체의 흡입 후 원소 수은의 신속한 태반 전달이 명확하게 나타났다. 인간 연구는 동물에서 관찰된 수은 노출의 생식 영향과 같은 것으로 보인다. 남성 또는 여성 근로자의 생식 기능을 절대적으로 보호할 수 있는 노출 수준을 명확히 결정하는 것은 불가능하다. ACGIH는 자녀를 가질 계획이 있는 사람들이 공학적 제어, 피부 및 호흡기 보호 장비, 개인 위생을 통해 수은 노출을 가능한 한 낮게 유지할 것을 권장한다. 수은에 노출된 여성은 모유 수유 시 주의해야 하며, 모유에는 무기 수은뿐만 아니라 유기 수은도 상당한 양이 포함될 수 있다. 수은은 생물학적 노출지표(BEI)가 권장되는 물질이다. 데이터에 따르면 원소 및 다수의 무기 수은 화합물이 피부를 통해 빠르게 흡수되어 전신 독성에 기여할 수 있으므로, Skin 표기가 부여된다. 설치류를 대상으로 한 발암성 연구와 양성 돌연변이 연구에 기반하여 원소 및 무기 수은은 인간 발암성으로 분류할 수 없음(A4)으로 지정되었다. SEN 또는 TLV-STEL을 권장할 만한 충분한 데이터는 없다.

수은은 채굴되는 원자재이며 금과 보크사이트 채굴의 부산물로도 생산되었다. 저품질 금 및 은 광석의 시안화 침출 기술은 광석에 포함된 모든 수은을 수집한다. 이 수은은 금의 추가 가공 전에 가열하여 금에서 제거된다. 수은은 또한 금 회수 과정을 위해 추가되는 아말감화 기술에서도 사용되었다. 아말감화 과정에서는 금-수은 아말감을 가열하여 수은을 회수하여 재사용한다.

수은 화합물의 사용은 광범위하다. 수은은 액체 상태의 온도 범위 전체에서 온도가 상승함에 따라 균일하게 부피가 팽창하기 때문에 온도계, 마노미터, 기압계, 게이지 및 밸브에 사용되었다. 수은은 건전지, 램프, 배선 및 스위치 장치, 전자 장비, 염소 및 가성 소다 생산에 많이 사용되었다. 수은 화합물은 또한 열 전달, 안료, 정제, 윤활유 및 촉매, 도포 후 곰팡이를 방지하기 위해 수성 라텍스 페인트 및 저장 중 페인트의 방부제로 사용되었다. 수은은 치과 아말감 및 기타 의료 용도로 널리 사용되었다.

• 알킬 화합물

유기금속 알킬 수은 화합물에 대한 직업적 노출기준으로 TWA 0.01 mg/m³ (as Hg)과 STEL 0.03 mg/m³ (as Hg)이 권장된다. 이 값은 중추 신경계 및 말초 신경계 독성, 그리고 신장에 대한 영향을 최소화하기 위한 것이다. 특정 알킬 수은 화합물과 관련된 다른 부작용으로는 발달 및 생식 독성, 눈, 점막 및 피부의 자극, 화상 및 피부염 등이 포함된다. 여러 알킬 수은 화합물은 쉽게 피부를 침투하여 신경독성 및 기타 전신적 영향을 일으킬 수 있다. 따라서 피부(Skin) 표기가 지정되었다. 수은은 생물학적 노출지표(BEI)가 권장된 물질이다. 감작성 또는 발암성 표기를 권장할 만큼 충분한 데이터는 없다.

아세트산 메틸수은, 시안화물, 아이오딘화물 및 아세트산 에틸수은, 염화물, 인산염 등은 산업 또는 농업에서 다양한 용도로 사용된다. 알킬 수은 화합물은 종자 드레싱과 잎 스프레이에서 살균제로 사용된다. 또한 목재, 제지 펄프, 식물 및 가축의 방부제 용액으로도 사용된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

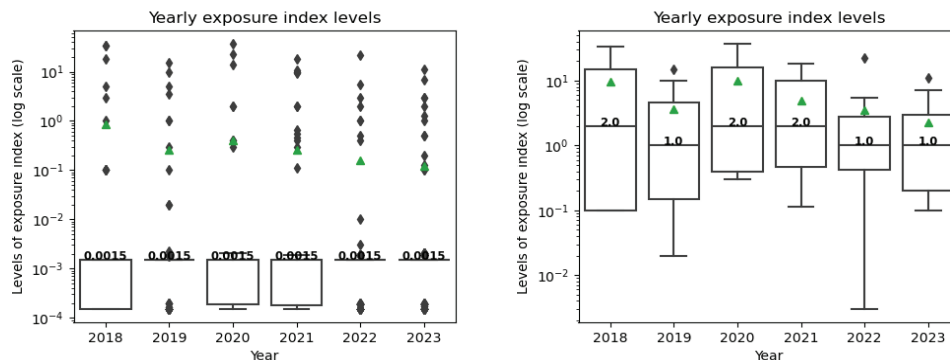
동 자료에서는 알킬 및 아릴화합물만을 포함하고 있다. 수은(금속 및 무기 화합물 등)은 '23년 연구자료에서 다루었다.

추출된 자료는 총 1,203건이며, 물질명 오류 5건, 횡수조정 0건 및 1시간 미만 평가자료 5건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $0.006 \text{ mg/m}^3 \sim 0.01 \text{ mg/m}^3$, $0.06 \text{ mg/m}^3 \sim 0.1 \text{ mg/m}^3$) 자료 17건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 1,176건이었으며, 알킬 화합물 평가자료 896건, 아릴 화합물 평가자료 280건이었다. 불검출 값은 알킬 화합물 자료에서 843건(94.1%)이었고, 아릴 화합물 자료에서 269건(96.1%)이었다.

측정시간 1시간 이내인 알킬화합물에 대한 평가자료가 5건(11분 이내 측정) 있었으나, 모두 불검출 값이었다. 이 자료들은 TWA 평가에 해당하지 않는 것으로 판단하여 모두 삭제하였다. 이외에 측정시간 등을 참고했을 때 단 시간 측정에 대한 자료는 없었다.

아릴과 알킬화합물의 구분없이 같이 분석하였다.

수은의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 94.6% 였다. 산술 평균 노출수준은 노출기준의 0.29%였으며, 기하평균은 0.0013% 였다.



[그림 III-26] 수은의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.05% 미만이었으며, 95% tile은 최대 14.25%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 4.04% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 7개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 0.1~1% 범위에는 2개 업종이 있었고, 0.01~0.1% 범위에는 4개 업종이 있었고, 나머지 8개 업종은 0.01% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 34% 였고, 10~50% 범위에 6개 업종, 1~10% 범위에 4개업종, 0.1~1% 범위에 4개 업종, 0.1% 미만 1개 업종이었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 0.55~4.37이었다. 주요 등급은 4등급 2개 업종, 3등급 4개 업종, 2등급 9개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 6개, 1등급 9개 업종이었다.

〈표 III-144〉 수은(아릴+알킬)의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	112	102	91.1	0.85	4.83	0.0014	12.33	0.0015	0.0002	34.00	0.50
2019	141	131	92.9	0.26	1.59	0.0014	8.01	0.0015	0.0002	15.00	0.10
2020	198	190	96.0	0.40	3.24	0.0011	6.94	0.0015	0.0002	37.00	0.00
2021	248	235	94.8	0.26	1.70	0.0011	7.80	0.0015	0.0002	18.00	0.07
2022	229	219	95.6	0.16	1.51	0.0014	5.04	0.0015	0.0002	22.00	0.00
2023	248	235	94.8	0.12	0.88	0.0015	5.60	0.0015	0.0002	11.00	0.07
합계	1176	1112	94.6	0.29	2.35	0.0013	6.98	0.0015	0.0002	37.00	0.10

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-145〉 수은(아릴+알킬)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	원제 의약품 제조업	305	37002	4.5	870	280	0.00	0.03	0.0015	1.73	0.0015	0.0002	0.5
2	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	1.8	535	87	0.00	0.00	0.0002	2.33	0.0002	0.0002	0.0
3	지정 폐기물 처리업	244	1785	3.2	133	86	0.23	1.51	0.0003	6.69	0.0002	0.0002	10.7
4	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	2079	26484	1.5	188	61	0.00	0.00	0.0012	1.99	0.0015	0.0002	0.0
5	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	2.3	69	52	0.00		0.0015	1.00	0.0015	0.0015	0.0
6	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	551	9531	1.3	223	50	0.06	0.23	0.0024	5.00	0.0015	0.0015	1.3
7	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	1.2	163	34	0.08	0.24	0.0042	8.00	0.0015	0.0015	1.0
8	타이어 및 튜브 제조업	152	18626	1.8	4780	28	0.00		0.0015	1.00	0.0015	0.0015	0.0
9	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	8307	77221	1.5	333	26	0.04	0.20	0.0023	4.31	0.0015	0.0015	1.0
10	기타 자연과학 연구개발업	588	11786	1.5	48	24	2.73	5.09	0.0351	76.49	0.0015	0.0002	18.0
11	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1535	27006	1.0	239	24	0.36	1.23	0.0005	17.25	0.0002	0.0002	5.0
12	종합병원	188	39908	1.5	1921	24	0.00	0.00	0.0004	3.11	0.0002	0.0002	0.0
13	방사선 진단 및 병리 검사 의원	171	5081	1.0	592	22	0.00		0.0015	1.00	0.0015	0.0015	0.0
14	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	1.0	126	22	0.00		0.0015	1.00	0.0015	0.0015	0.0
15	화장품 제조업	1674	31472	1.5	218	22	0.00		0.0015	1.00	0.0015	0.0015	0.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-146〉 수은(아릴+알킬)의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	제강업	106	24410	0.5	40	40	3	10.77	10.87	4.04	6.47	10.00	0.3000	22.0	20.80
2	금속류 원료 재생업	1038	5905	0.3	31	31	4	4.50	5.45	0.11	76.71	3.50	0.0015	11.0	10.40
3	화학 발전업	35	3557	0.3	115	115	7	12.29	16.22	0.10	129.28	0.00	0.0015	34.0	299.7
4	합성섬유 제조업	271	8399	0.3	60	60	7	0.30	0.29	0.04	17.93	0.40	0.0015	0.7	0.63
5	기타 자연과학 연구개발업	588	11786	1.5	48	48	24	2.73	5.09	0.04	76.49	0.00	0.0002	18.0	14.25
6	생활용수 공급업	42	2474	0.8	163	163	20	0.56	1.03	0.02	24.28	0.00	0.0015	3.0	3.00
7	기타 구조용 금속제품 제조업	5913	37308	0.5	40	40	5	0.22	0.44	0.01	14.58	0.00	0.0015	1.0	0.82
8	그 외 기타 식료품 제조업	2231	22518	0.3	20	20	6	0.97	2.18	0.01	53.30	0.00	0.0002	5.4	4.15
9	기타 직물제품 제조업	2069	12268	0.5	257	257	7	5.29	13.98	0.01	34.43	0.00	0.0015	37.0	25.90
10	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	1.0	90	90	14	0.58	1.50	0.01	17.11	0.00	0.0015	5.0	3.70
11	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	1.2	163	163	34	0.08	0.24	0.00	8.00	0.00	0.0015	1.0	0.54
12	의료용품 및 기타 의학 관련제품 제조업	551	9531	1.3	223	223	50	0.06	0.23	0.00	5.00	0.00	0.0015	1.3	0.33
13	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	8307	77221	1.5	333	333	26	0.04	0.20	0.00	4.31	0.00	0.0015	1.0	0.08
14	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	0.7	2637	2637	11	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.0015	0.0	0.00
15	액상 시유 및 기타 낙농제품 제조업	367	11257	0.8	240	240	17	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.0015	0.0	0.00

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-147〉 수은(아릴+알킬)의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	화학 발전업	35	3557	0.3	115	7	12.29	16.22	0.10	129.28	0.00	0.0015	34.0	34.00	299.7
2	기타 직물제품 제조업	2069	12268	0.5	257	7	5.29	13.98	0.01	34.43	0.00	0.0015	37.0	25.90	2.1
3	제강업	106	24410	0.5	40	3	10.77	10.87	4.04	6.47	10.00	0.3000	22.0	20.80	87.1
4	전자 축전기 제조업	88	3571	1.0	5	14	2.64	6.93	0.00	59.13	0.00	0.0002	23.0	17.12	0.7
5	기타 자연과학 연구개발업	588	11786	1.5	48	24	2.73	5.09	0.04	76.49	0.00	0.0002	18.0	14.25	44.1
6	금속류 원료 재생업	1038	5905	0.3	31	4	4.50	5.45	0.11	76.71	3.50	0.0015	11.0	10.40	144.6
7	그 외 기타 식료품 제조업	2231	22518	0.3	20	6	0.97	2.18	0.01	53.30	0.00	0.0002	5.4	4.15	4.8
8	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	1.0	90	14	0.58	1.50	0.01	17.11	0.00	0.0015	5.0	3.70	0.7
9	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1535	27006	1.0	239	24	0.36	1.23	0.00	17.25	0.00	0.0002	5.0	3.06	0.1
10	생활용수 공급업	42	2474	0.8	163	20	0.56	1.03	0.02	24.28	0.00	0.0015	3.0	3.00	2.9
11	기타 구조용 금속제품 제조업	5913	37308	0.5	40	5	0.22	0.44	0.01	14.58	0.00	0.0015	1.0	0.82	1.2
12	합성섬유 제조업	271	8399	0.3	60	7	0.30	0.29	0.04	17.93	0.40	0.0015	0.7	0.63	4.8
13	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	1.2	163	34	0.08	0.24	0.00	8.00	0.00	0.0015	1.0	0.54	0.1
14	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	551	9531	1.3	223	50	0.06	0.23	0.00	5.00	0.00	0.0015	1.3	0.33	0.0
15	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	8307	77221	1.5	333	26	0.04	0.20	0.00	4.31	0.00	0.0015	1.0	0.08	0.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-148〉 수은(아릴+알킬)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	원제 의약품 제조업	305	37,002	4.5	870	280	0.00	0.0015	0.0015	0.0	1	2 4.37
2	화력 발전업	35	3,557	0.3	115	7	12.29	0.1007	0.0015	34.0	2	3 4.15
3	기타 직물제품 제조업	2,069	12,268	0.5	257	7	5.29	0.0064	0.0015	25.9	2	3 3.15
4	기타 자연과학 연구개발업	588	11,786	1.5	48	24	2.73	0.0351	0.0015	14.3	2	4 2.68
5	지정 폐기물 처리업	244	1,785	3.2	133	86	0.23	0.0003	0.0002	0.0	1	2 2.67
6	전자 축전기 제조업	88	3,571	1.0	5	14	2.64	0.0008	0.0002	17.1	2	4 2.47
7	제강업	106	24,410	0.5	40	3	10.77	4.0412	10.0000	20.8	2	3 2.38
8	물질 성분 검사 및 분석업	971	15,116	2.3	69	52	0.00	0.0015	0.0015	0.0	1	2 1.61
9	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	1.8	535	87	0.00	0.0002	0.0002	0.0	1	2 0.97
10	타이어 및 튜브 제조업	152	18,626	1.8	4,780	28	0.00	0.0015	0.0015	0.0	1	2 0.97
11	금속류 원료 재생업	1,038	5,905	0.3	31	4	4.50	0.1147	3.5008	10.4	2	3 0.61
12	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	8,307	77,221	1.5	333	26	0.04	0.0023	0.0015	0.1	1	2 0.56
13	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	2,079	26,484	1.5	188	61	0.00	0.0012	0.0015	0.0	1	2 0.55
14	화장품 제조업	1,674	31,472	1.5	218	22	0.00	0.0015	0.0015	0.0	1	2 0.55
15	종합병원	188	39,908	1.5	1,921	24	0.00	0.0004	0.0002	0.0	1	2 0.55

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

25) 안티몬과 그 화합물 (삼산화안티몬 제외)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

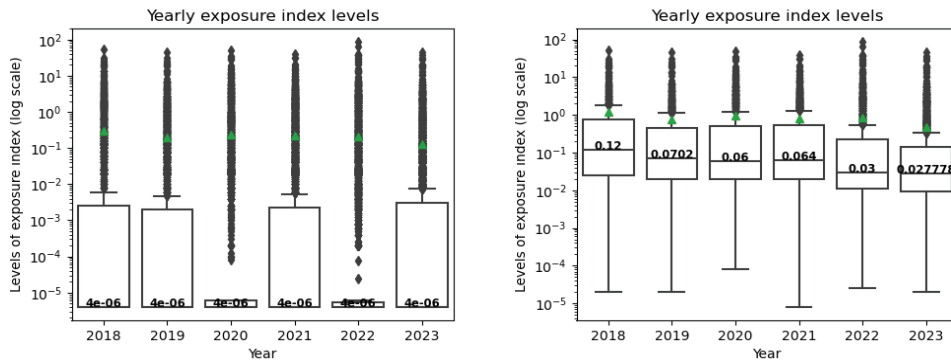
안티몬 및 그 화합물에 대한 직업적 노출기준(TWA)으로 0.5 mg/m^3 (as Sb)가 권장된다. 이 값은 상기도 자극, 복통 및 식욕 부진의 가능성을 최소화하기 위한 것이다. 훨씬 더 높은 노출, 급성 또는 만성으로 인해 더 심각한 영향, 예를 들어 폐렴 및 심장 및 혈액 장애가 예상될 수 있다. 사용 가능한 독성 데이터를 기반으로 모든 안티몬 화합물에 적용할 수 있는 TLV를 도출하는 것은 어렵다. 권장 값은 생물학적으로 더 활발한 화합물 중 하나인 안티몬 펜타클로라이드(SbCl_5)와 관련된 효과에서 추정된 값이다. 피부, 감작성, 또는 발암성 표기나 STEL을 권장할 만한 충분한 데이터는 없다.

안티몬 금속은 주로 납과의 합금으로 사용되며, 특히 축전지와 타이프 금속에 사용되었다. 안티몬 화합물은 다양한 용도로 사용되는데, 삼산화물은 섬유와 플라스틱의 난연제 및 안료와 세라믹에서 사용된다. 삼황화물 및 오황화물은 적색 또는 황색 안료로 사용되고, 고무, 불꽃놀이, 성냥, 위장 도료에서 사용된다. 삼염화물 및 오염화물은 섬유와 염화제에서 사용되며, 타르타르 구연산칼륨(토사제)은 의학과 섬유 및 가죽 매염제로 사용된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 33,347건이며, 물질명 오류 436건(삼산화안티몬으로 입력되어 있음), 횡수조정 11 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 85건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $0.33 \text{ mg/m}^3 \sim 0.5 \text{ mg/m}^3$) 자료 13건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 32,802건이었으며, 불검출 값은 24,378건(74.3%)이었다.

안티몬의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 74.3% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.20%였으며, 기하평균은 0.0001% 였다.



[그림 III-27] 안티몬의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.001% 미만이었고, 95% tile은 최대 2.91%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 2.10% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 11개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 0.1~1% 범위는 5개 업종이 해당하였고 나머지는 0.1% 미만에 해당하였다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 48.15% 였고, 10~50% 범위에는 총 6개 업종이 해당되었고, 나머지 9개 업종은 1~10% 범위에 해당하였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 2.70~14.86이었다. 주요 등급은 4등급 4개 업종, 3등급 6개 업종, 2등급 5개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 6개, 1등급 9개 업종이었다.

〈표 III-149〉 안티몬의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	3184	2356	74.0	0.31	1.89	0.0001	110.81	0.0000	0.0000	52.53	1.32
2019	4398	3253	74.0	0.19	1.36	0.0001	89.42	0.0000	0.0000	45.21	0.78
2020	4731	3584	75.8	0.23	1.63	0.0000	83.75	0.0000	0.0000	49.33	0.67
2021	5184	3809	73.5	0.21	1.32	0.0001	94.96	0.0000	0.0000	39.52	0.96
2022	7015	5376	76.6	0.20	2.00	0.0000	63.38	0.0000	0.0000	87.06	0.35
2023	8290	6000	72.4	0.13	1.17	0.0001	69.54	0.0000	0.0000	46.00	0.28
합계	32802	24378	74.3	0.20	1.56	0.0001	80.15	0.0000	0.0000	87.06	0.60

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-150〉 안티몬의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	제철업	21	756	2.8	16396	2805	0.01	0.04	0.0000	33.05	0.0000	0.0000	1.0	0.03	0.0127
2	철도 여객 운송업	14	17208	6.2	8499	2085	0.07	0.32	0.0000	45.00	0.0000	0.0000	5.3	0.42	0.0105
3	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	54	2955	4.5	2692	1516	0.39	2.35	0.0008	193.57	0.0089	0.0000	45.2	1.01	4.5801
4	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	33.3	3433	1243	0.67	4.26	0.0001	133.98	0.0000	0.0000	87.1	1.88	0.2798
5	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	12.8	2049	1160	0.04	0.28	0.0000	27.30	0.0000	0.0000	5.4	0.04	0.0038
6	자동차 종합 수리업	7841	46581	51.5	506	895	0.01	0.05	0.0000	27.48	0.0000	0.0000	1.4	0.02	0.0048
7	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	23.5	13471	873	0.21	2.15	0.0000	56.94	0.0000	0.0000	46.0	0.16	0.0305
8	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	42.2	863	846	0.24	1.53	0.0001	106.55	0.0000	0.0000	30.4	0.95	0.1582
9	축전기 제조업	376	17024	10.7	3225	830	0.50	1.07	0.0008	290.45	0.0000	0.0000	7.0	2.91	9.3841
10	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	28.7	4024	802	0.44	2.10	0.0002	181.97	0.0000	0.0000	34.3	1.76	1.0032
11	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	16.5	26782	686	0.04	0.35	0.0000	17.30	0.0000	0.0000	6.0	0.02	0.0012
12	계면활성제 제조업	292	3907	5.7	771	678	0.05	0.57	0.0000	19.54	0.0000	0.0000	12.8	0.10	0.0014
13	하수 처리업	222	3659	35.8	1152	620	0.03	0.18	0.0000	32.97	0.0000	0.0000	3.4	0.06	0.0063
14	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8066	57750	20.0	1057	547	0.25	1.58	0.0001	100.93	0.0000	0.0000	30.6	1.25	0.1241
15	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	10.7	74590	484	0.04	0.26	0.0000	22.05	0.0000	0.0000	2.8	0.04	0.0020

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-151〉 안티몬의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	운송장비용 조명장치 제조업	142	6052	0.2	25	7	3.59	4.61	2.10	2.71	1.62	0.4350	13.6	10.93	10.8
2	그 외 금속 파스너 및 나사제품 제조업	1266	12974	0.2	7	2	0.88	0.00	0.88	1.00	0.88	0.8821	0.9	0.88	0.9
3	정형 외과용 및 신체 보정용 기기 제조업	1571	6357	0.3	2	4	4.36	5.50	0.63	13.12	2.93	0.0400	11.5	10.68	43.7
4	단추 및 유사 파스너 제조업	350	1894	0.2	46	3	0.32	0.23	0.27	1.73	0.22	0.1600	0.6	0.54	0.7
5	주정 제조업	19	406	0.2	7	2	0.30	0.20	0.27	1.66	0.30	0.1600	0.4	0.43	0.6
6	자동차용 부품 동력 전달장치 제조업	290	4154	0.3	40	8	1.14	1.95	0.13	55.53	0.28	0.0000	5.8	4.22	96.2
7	타이어 및 튜브 제조업	152	18626	1.0	540	54	1.73	1.53	0.06	303.65	1.63	0.0000	5.8	4.61	760.1
8	플라스틱 물질 및 합성고무 도매업	1972	5359	1.2	16	15	0.66	1.08	0.03	107.25	0.25	0.0000	4.1	2.52	67.1
9	강관 제조업	161	3353	0.5	184	34	0.30	0.56	0.03	62.32	0.11	0.0000	2.6	1.27	23.9
10	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업	451	3722	0.2	2	1	0.03		0.03	1.00	0.03	0.0250	0.0	0.03	0.0
11	원유 정제처리업	47	5043	0.7	1446	17	0.10	0.14	0.02	40.18	0.06	0.0000	0.6	0.29	6.6
12	전기용품 및 조명장치 소매업	2182	5775	0.2	18	6	0.01	0.01	0.01	1.78	0.01	0.0060	0.0	0.03	0.0
13	기타 산업용 유리제품 제조업	202	2902	0.3	33	4	0.12	0.13	0.01	93.60	0.09	0.0000	0.3	0.27	17.3
14	화학 발전업	35	3557	0.5	940	8	0.15	0.29	0.01	88.60	0.06	0.0000	0.9	0.60	12.8
15	기타 석유 정제를 재처리업	88	1286	0.2	42	2	6.06	8.57	0.01	1740.69	6.06	0.0000	12.1	11.51	1492.0

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-152〉 안티몬의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	치과용 기기 제조업	1422	7186	1.0	43	14	7.46	19.71	0.00	360.44	0.00	0.0000	65.9	48.15	1.9
2	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	2.3	2527	68	1.42	4.56	0.00	375.42	0.00	0.0000	19.9	12.52	17.0
3	기타 석유 정제를 재처리업	88	1286	0.2	42	2	6.06	8.57	0.01	1740.69	6.06	0.0000	12.1	11.51	1492.0
4	운송장비용 조명장치 제조업	142	6052	0.2	25	7	3.59	4.61	2.10	2.71	1.62	0.4350	13.6	10.93	10.8
5	정형 외과용 및 신체 보정용 기기 제조업	1571	6357	0.3	2	4	4.36	5.50	0.63	13.12	2.93	0.0400	11.5	10.68	43.7
6	무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업	33	519	1.0	62	12	2.23	4.85	0.00	758.37	0.22	0.0000	16.9	10.17	156.1
7	산업 단체	1550	12101	1.0	189	28	2.48	5.81	0.00	713.47	0.05	0.0000	29.5	8.85	199.6
8	철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업	252	4430	3.0	876	98	1.58	4.08	0.00	452.26	0.02	0.0000	29.4	8.13	60.7
9	기타 자연과학 연구개발업	588	11786	3.8	746	92	1.21	4.67	0.00	263.23	0.00	0.0000	39.5	6.55	8.6
10	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	180	2664	2.7	51	64	1.35	3.24	0.00	516.08	0.00	0.0000	20.5	6.51	10.1
11	금속 열처리업	975	8656	1.8	26	45	1.03	3.69	0.00	154.61	0.00	0.0000	18.7	6.01	0.2
12	기어 및 동력전달장치 제조업	1089	8718	1.0	124	20	1.09	1.78	0.00	510.61	0.19	0.0000	5.8	5.61	119.5
13	알루미늄 주물 주조업	465	3910	1.7	38	58	1.00	3.18	0.00	299.46	0.02	0.0000	20.1	5.56	21.4
14	운동 및 경기용품 도매업	1993	7645	0.8	64	16	1.28	5.13	0.00	39.89	0.00	0.0000	20.5	5.13	0.0
15	기타 구조용 금속제품 제조업	5913	37308	2.5	91	219	0.71	2.73	0.00	105.46	0.00	0.0000	24.8	5.04	0.1

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-153〉 인터몬의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※			노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$			
1	치과용 기기 제조업	1,422	7,186	1.0	43	14	7.46	0.0001	0.0000	48.2	2	3	14.86
2	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	51.5	506	895	0.01	0.0000	0.0000	0.0	1	2	8.86
3	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	42.2	863	846	0.24	0.0001	0.0000	0.9	1	4	7.41
4	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	33.3	3,433	1243	0.67	0.0001	0.0000	1.9	1	4	6.07
5	하수 처리업	222	3,659	35.8	1,152	620	0.03	0.0000	0.0000	0.1	1	2	5.95
6	그 외 자동차용 부품 부품 제조업	4,427	71,377	28.7	4,024	802	0.44	0.0002	0.0000	1.8	1	4	5.16
7	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24,282	2.3	2,527	68	1.42	0.0010	0.0000	12.5	2	3	3.70
8	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	23.5	13,471	873	0.21	0.0000	0.0000	0.2	1	2	3.68
9	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8,066	57,750	20.0	1,057	547	0.25	0.0001	0.0000	1.3	1	4	3.38
10	폐수 처리업	268	2,541	21.7	478	391	0.03	0.0000	0.0000	0.0	1	2	3.30
11	환경 관련 엔지니어링 서비스업	1,642	15,448	19.8	473	372	0.06	0.0000	0.0000	0.2	1	2	3.00
12	기타 석유 정제물 재처리업	88	1,286	0.2	42	2	6.06	0.0070	6.0600	11.5	2	3	2.97
13	운송장비용 조명장치 제조업	142	6,052	0.2	25	7	3.59	2.0963	1.6150	10.9	2	3	2.78
14	정형 외과용 및 신체 보정용 기기 제조업	1,571	6,357	0.3	2	4	4.36	0.6331	2.9300	10.7	2	3	2.73
15	무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업	33	519	1.0	62	12	2.23	0.0029	0.2200	10.2	2	3	2.70

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

26) 알루미늄 (가용성염, 금속분진, 알킬, 용접흄, 피로파우더)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ILO-WHO 화학물질안전카드, ACGIH)

알루미늄은 은빛을 띠는 흰색 또는 회색의 금속이다. 분말은 인화성이며, 물 또는 습한 공기와 접촉시 인화성 기체를 발생시킨다. 미세 입자가 공기 중에 폭발성 혼합물을 생성할 수 있다. 산, 알칼, 산화제 또는 물과 접촉시 화재 및 폭발 위험이 있다. 주요 노출 경로는 흡입이며, 20℃에서 증발은 거의 발생하지 않지만, 공기 중 입자가 빠르게 유해 농도에 도달할 수 있다. 반복적 또는 장기적인 분진 입자 흡입시 폐에 영향을 줄 수 있고, 신경계에 영향을 주거나 기능 손상을 유발할 수 있다. ACGIH의 노출기준은 TWA 1 mg/m³(알루미늄 분말)이며, 국내 노출기준은 알루미늄의 성상에 따라서 TWA 2~10 mg/m³으로 설정되어 있다.

알루미늄 금속과 불용성 알루미늄 화합물에 대해 1 mg/m³의 TLV-TWA(8 시간 시간가중평균)가 권장된다. 일반적으로 이 형태의 알루미늄은 체내 흡수가 적고 폐에서 점액 섬모와 폐포 대식세포를 통해 쉽게 제거된다. 그러나 장기간 노출 시 알루미늄이 체내에 축적된다는 증거가 있다. 높은 수준의 알루미늄 먼지에 노출된 근로자에서 경미한 폐기능 변화와 방사선학적 변화가 관찰되었다. 일부 연구는 40년 동안 1.6 mg/m³의 알루미늄 흡입과 유사한 수준의 노출이 신경학적 결핍을 초래할 수 있음을 시사하였다. 따라서 권장되는 TLV-TWA는 이러한 잠재적인 폐 및 신경계 영향을 방지하기에 충분한 보호를 제공해야 한다.

알루미늄은 비철금속 중 가장 널리 사용됩니다. 주요 사용처는 전선, 건설 자재, 자동차 및 항공기 부품, 가전제품, 조리기구, 음료 용기, 포장용 알루미늄 포일 등이다. 알루미늄 화합물은 화장품, 탈취제, 정수 공정의 응집제, 의약품(제산제 등), 수의학 제품, 축매제로도 사용된다.

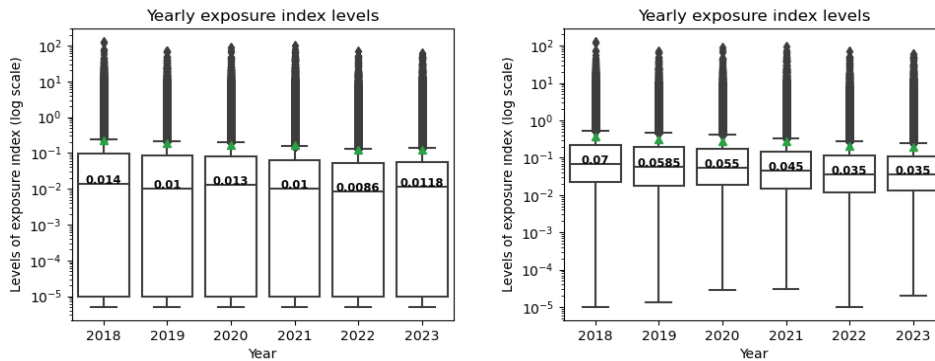
미세하게 분쇄된 알루미늄 금속 먼지나 플레이크는 용접 및 불꽃 제조에서

사용되며, 알루미늄 알킬 화합물은 주로 촉매로 사용된다. 주요 알루미늄 광석인 보크사이트는 주로 노천 채굴로 채굴되며, 이후 가공 과정에서 분쇄, 건조, 밀링 등을 거친다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 620,630건이며, 물질명 오류 27건, 횡수조정 606건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 638건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $1.3 \text{ mg/m}^3 \sim 2 \text{ mg/m}^3$, $3.3 \text{ mg/m}^3 \sim 5 \text{ mg/m}^3$, $6.6 \text{ mg/m}^3 \sim 10 \text{ mg/m}^3$) 자료 458건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 618,901건이었으며, 금속분진 229,715건, 피로파우더 7,564건, 용접흄 269,094건, 가용성 염 98,570건, 알킬 13,958건 이었다. 이 중에서 불검출 값은 금속분진 86,216건(37.5%), 피로파우더 3,132건(41.4%), 용접흄 102,917건(38.2%), 가용성 염 40,553건(41.1%), 알킬 6,924건(49.6%) 이었다.

알루미늄은 노출기준의 분류에 따라서 5종으로 분류할 수 있으나, 노출기준이 $2 \sim 10 \text{ mg/m}^3$ 으로 거의 유사하여 통합하여 분석하였다. 연도별 측정건수는 증가하는 경향을 보였고, 불검출율은 38.7% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.16%였으며, 기하평균은 0.0018% 였다. 불검출을 대체한 값(최소값을 2로 나눈 값)은 0.0000005%로 매우 낮은 수준이었다. 노출기준을 초과한 값은 6년간 2건이 있었다.



[그림 III-28] 알루미늄의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.02% 미만이었으며, 95% tile은 최대 1.88%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 0.71% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 10개가 포함되었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% tile은 16.29%였다. 나머지 14개 업종의 95% tile은 2.83~10.05% 범위였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.52~24.0이었다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 6개 업종, 2등급 1개 업종이었다. 95%tile 기준으로 계산된 노출은 2등급 2개, 1등급 7개 업종이었다.

〈표 III-154〉 알루미늄의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	82,264	33,163	40.3	0.23	1.34	0.0020	97.8	0.0140	0.0000	127.92	0.83
2019	96,776	39,279	40.6	0.18	1.07	0.0018	90.4	0.0100	0.0000	71.29	0.69
2020	98,819	38,348	38.8	0.17	0.94	0.0020	85.5	0.0130	0.0000	91.42	0.63
2021	99,653	39,389	39.5	0.17	1.22	0.0017	80.1	0.0100	0.0000	97.38	0.55
2022	116,004	45,086	38.9	0.12	0.79	0.0015	71.8	0.0086	0.0000	71.28	0.46
2023	125,385	44,477	35.5	0.13	0.88	0.0020	66.5	0.0118	0.0000	59.82	0.41
합계	618,901	239,742	38.7	0.16	1.04	0.0018	80.2	0.0106	0.0000	127.92	0.57

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-155〉 알루미늄의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	강선 건조업	2596	76573	80.7	81316	45894	0.17	0.78	0.0026	94.41	0.0216	0.0000	48.4	0.71	4.5768
2	자동차 종합 수리업	7841	46581	2557.5	33985	40370	0.15	1.10	0.0035	58.78	0.0160	0.0000	68.7	0.52	2.8491
3	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	359.5	52991	35713	0.19	1.20	0.0068	60.47	0.0340	0.0000	97.4	0.72	5.8363
4	기타 선박 건조업	560	6397	41.3	45520	27173	0.07	0.39	0.0003	67.59	0.0000	0.0000	24.9	0.30	0.2642
5	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4427	71377	551.5	53138	18724	0.18	1.00	0.0025	83.47	0.0168	0.0000	49.1	0.69	3.5954
6	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	613.0	17357	14281	0.13	0.88	0.0020	84.27	0.0160	0.0000	74.5	0.47	2.9476
7	자동차 차체용 신품 부품 제조업	4296	149959	281.7	39740	11649	0.26	1.46	0.0027	86.79	0.0170	0.0000	47.3	0.95	4.0990
8	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	536.8	8602	9987	0.17	1.04	0.0024	80.91	0.0150	0.0000	49.0	0.57	3.3307
9	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	35.2	8377	9056	0.13	0.46	0.0115	32.74	0.0300	0.0000	19.9	0.52	3.5738
10	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	73.2	172672	8747	0.06	0.67	0.0002	42.49	0.0000	0.0000	29.3	0.16	0.1183
11	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	257.3	57107	8739	0.13	0.66	0.0019	65.85	0.0090	0.0000	18.4	0.54	1.8612
12	아파트 건설업	3082	330427	271.5	68861	8176	0.20	1.07	0.0057	46.94	0.0175	0.0000	44.8	0.64	3.1872
13	그 외 기타 금속 가공업	11894	57148	423.2	8242	8082	0.17	1.40	0.0011	97.80	0.0067	0.0000	49.5	0.53	2.1429
14	석탄화력계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	35.7	10650	7908	0.04	0.32	0.0000	20.79	0.0000	0.0000	11.7	0.12	0.0034
15	기타 구조용 금속제품 제조업	5913	37308	295.0	7258	7769	0.38	1.60	0.0032	118.35	0.0230	0.0000	41.8	1.88	8.1818

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-156〉 알루미늄의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	구두류 제조업	540	3642	0.3	33	3	1.67	1.56	0.71	5.53	1.76	0.0650	3.2
2	기체 연료 및 관련제품 도매업	740	2740	0.2	7	1	0.31		0.31	1.00	0.31	0.3100	0.3
3	모터사이클 제조업	119	1225	2.3	436	358	2.46	3.91	0.19	99.97	1.18	0.0000	28.7
4	작물재배 및 축산 복합농업	218	1020	0.2	33	2	0.18	0.01	0.18	1.03	0.18	0.1750	0.2
5	기타 산업 진흥 행정	22	2547	0.2	194	2	0.17	0.01	0.17	1.04	0.17	0.1600	0.2
6	절연 코드세트 및 기타 도체 제조업	443	4467	0.2	2	4	0.23	0.21	0.15	2.70	0.18	0.0342	0.5
7	코르크 및 조물 제품 제조업	67	211	1.2	12	19	0.23	0.31	0.14	2.63	0.15	0.0350	1.1
8	기타 수상오락 서비스업	194	476	0.2	200	17	0.18	0.11	0.14	2.27	0.18	0.0200	0.4
9	기타 사법 및 공공 질서 행정	400	4503	0.2	18	4	0.15	0.10	0.12	1.96	0.15	0.0480	0.2
10	작물재배 지원 서비스업	369	4456	0.2	5	2	0.13	0.10	0.10	1.88	0.13	0.0550	0.2
11	육외 및 전시 광고업	327	1012	0.2	2	1	0.09		0.09	1.00	0.09	0.0900	0.1
12	기타 석제품 제조업	1203	4621	26.0	231	414	2.29	4.27	0.09	104.54	0.38	0.0000	29.4
13	석탄 광업	16	2365	3.8	2194	204	0.38	0.59	0.08	20.80	0.19	0.0000	3.8
14	조적 및 석공사업	1345	2706	0.2	7	2	0.08	0.01	0.08	1.10	0.08	0.0740	0.1
15	주차장 운영업	1682	7759	0.2	2	2	0.09	0.07	0.07	2.00	0.09	0.0340	0.1

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-157〉 알루미늄의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	건설용 석제품 제조업	371	1689	3.0	58	35	3.02	5.83	0.03	115.57	0.03	0.0000	21.8
2	모터사이클 제조업	119	1225	2.3	436	358	2.46	3.91	0.19	99.97	1.18	0.0000	28.7
3	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	3001	7553	5.3	90	127	3.39	14.18	0.06	78.87	0.18	0.0000	119.7
4	기타 석제품 제조업	1203	4621	26.0	231	414	2.29	4.27	0.09	104.54	0.38	0.0000	29.4
5	제조업 회사 본부	1627	13935	5.5	296	265	1.73	5.86	0.01	120.14	0.05	0.0000	47.9
6	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	107	2043	70.8	2275	1961	0.94	2.35	0.02	102.47	0.10	0.0000	19.1
7	비내화 모르타르 제조업	68	634	3.7	34	72	0.69	1.89	0.05	20.50	0.10	0.0000	10.8
8	자동차 구조 및 장치 변경업	24	92	5.8	89	138	1.11	4.86	0.04	46.29	0.10	0.0000	41.2
9	주방용품 및 가정용 유리, 요업제품 소매업	2140	6643	3.2	36	33	0.57	1.37	0.00	271.71	0.00	0.0000	5.6
10	떡류 제조업	1244	5221	1.3	52	9	0.68	1.65	0.00	157.91	0.00	0.0000	5.0
11	비주거용 건물 임대업	13234	25986	2.3	250	49	0.71	1.48	0.05	70.60	0.17	0.0000	7.6
12	구두류 제조업	540	3642	0.3	33	3	1.67	1.56	0.71	5.53	1.76	0.0650	3.2
13	산업용 세탁업	591	5712	2.0	110	14	0.62	1.88	0.03	27.55	0.04	0.0000	7.1
14	무기 및 총포탄 제조업	62	6377	9.7	3386	1007	0.48	1.89	0.00	64.48	0.01	0.0000	19.6
15	전투용 차량 제조업	6	727	1.0	615	91	0.50	1.62	0.02	41.07	0.04	0.0000	13.9
													2.83

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-158〉 알루미늄의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연 번	업종명 (세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	2,557.5	33,985.0	40370	0.2	0.0035	0.0160	0.52	0	4	24.00
2	건설용 석제품 제조업	371	1,689	3.0	58.3	35	3.0	0.0320	0.0259	16.29	2	3	15.62
3	모터사이클 제조업	119	1,225	2.3	435.7	358	2.5	0.1942	1.1838	10.05	2	3	9.37
4	기타 석제품 제조업	1,203	4,621	26.0	231.0	414	2.3	0.0864	0.3804	9.35	1	4	8.89
5	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	3,001	7,553	5.3	89.7	127	3.4	0.0577	0.1750	9.48	1	3	8.83
6	제조업 회사 본부	1,627	13,935	5.5	296.0	265	1.7	0.0144	0.0525	8.37	1	3	7.72
7	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	107	2,043	70.8	2,274.7	1961	0.9	0.0204	0.0980	5.74	1	4	5.71
8	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21,784	120,380	613.0	17,357.3	14281	0.1	0.0020	0.0160	0.47	0	2	5.56
9	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	551.5	53,137.5	18724	0.2	0.0025	0.0168	0.69	0	4	5.20
10	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	536.8	8,602.3	9987	0.2	0.0024	0.0150	0.57	0	4	4.94
11	자동차 전문 수리업	9,354	26,752	487.3	5,399.5	6896	0.2	0.0033	0.0160	0.50	0	4	4.41
12	기타 구조용 금속제품 제조업	5,913	37,308	295.0	7,258.0	7769	0.4	0.0032	0.0230	1.88	1	4	3.96
13	그 외 기타 금속 가공업	11,894	57,148	423.2	8,242.0	8082	0.2	0.0011	0.0067	0.53	0	4	3.83
14	비내화 모르타르 제조업	68	634	3.7	34.2	72	0.7	0.0524	0.0959	4.47	1	3	3.80
15	자동차 구조 및 장치 변경업	24	92	5.8	89.2	138	1.1	0.0393	0.1008	4.17	1	3	3.52

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

27) 인듐

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

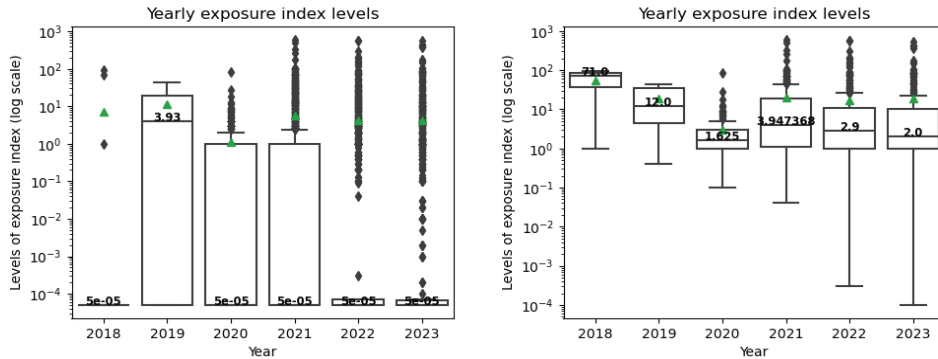
인듐 및 그 화합물에 대한 직업적 노출에 대해 인듐으로 측정된 0.1 mg/m^3 의 TWA가 권장된다. 이 값은 폐에 미치는 부정적 영향을 최소화하기 위한 것으로, 여기에는 폐부종, 급성 폐렴, 그리고 가능성 있는 골격 및 위장관 장애가 포함된다. 독성 반응의 정도와 성질은 관련된 특정 인듐 화합물에 따라 다르다. 피부, 감작성 또는 발암성 표기나 STEL을 권장할 충분한 데이터는 없다.

인듐은 자동차 및 항공기용 베어링, 납땜 및 저융점 합금, 그리고 원자로 제어봉에 사용된다. 인듐과 그 화합물, 예를 들어 인듐 안티모나이드(InSb), 인듐 아세나이드(InAs), 인듐 포스파이드(InP)는 반도체 장치, 트랜지스터, 트랜지스터 재료에 응용된다. 인듐 산화물은 유리 색상에 사용되고, 인듐 황산염은 전기도금에 사용되며, 인듐 및 인듐 화합물의 방사성 동위원소는 암 치료와 신체 장기의 진단 영상에 사용된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 4,774건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 14건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $0.006 \text{ mg/m}^3 \sim 0.01 \text{ mg/m}^3$) 자료 8건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 4,752건이었으며, 불검출 값은 3,506건(73.8%)이었다.

인듐의 연도별 측정건수는 증가하였으며, 불검출율은 73.8% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 4.26%였으며, 기하평균은 0.0009% 였다. '21~'23년 측정결과 노출기준을 초과하는 값이 있었다.



[그림 III-29] 인동의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수 중 최대값은 1.4% 였으며, 95% tile은 최대 83.85%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 3개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 11.81% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 7개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 10~50% 범위에는 2개 업종, 1~10% 범위에는 6개 업종, 1% 미만은 7개 업종이 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% 상위 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 4개였으며, 50~100% 범위에는 3개업종, 10~50% 범위에는 7개 업종이 해당되었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 0.88~6.71이었다. 주요 등급은 4등급 4개 업종, 3등급 4개 업종, 2등급 7개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 4등급 4개, 3등급 3개, 2등급 2개, 1등급 6개 업종이었다.

〈표 III-159〉 인도의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	23	20	87.0	7.26	24.17	0.0003	88.99	0.0001	0.0001	95.00	64.00
2019	19	8	42.1	11.22	16.15	0.0594	542.94	3.9300	0.0001	43.00	42.10
2020	576	372	64.6	1.09	4.08	0.0021	157.22	0.0001	0.0001	83.00	4.00
2021	1301	938	72.1	5.56	28.56	0.0013	188.19	0.0001	0.0001	598.00	30.00
2022	1416	1063	75.1	4.32	27.48	0.0008	133.63	0.0001	0.0001	578.00	15.84
2023	1417	1105	78.0	4.14	28.97	0.0005	96.25	0.0001	0.0001	550.00	11.00
합계	4752	3506	73.8	4.26	26.57	0.0009	140.66	0.0001	0.0001	598.00	15.69

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-160〉 인동의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46660	3.8	36545	711	0.62	3.04	0.0006	82.67	0.0001	0.0001	54.0
2	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	4.2	57426	484	0.41	1.36	0.0003	43.68	0.0001	0.0001	9.0
3	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	9.3	10189	381	4.91	14.21	0.0017	211.38	0.0001	0.0001	105.0
4	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	1.5	252	283	17.50	37.96	1.3958	75.30	4.6000	0.0001	516.1
5	액정 표시장치 제조업	183	9944	2.3	12333	278	1.27	2.96	0.0030	168.69	0.0001	0.0001	21.6
6	반도체 제조용 기계 제조업	3408	35358	5.7	671	222	0.27	2.45	0.0002	20.00	0.0001	0.0001	36.0
7	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	54	2955	0.8	1570	166	1.89	8.55	0.0012	137.13	0.0001	0.0001	87.1
8	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	2.0	156	125	2.44	9.87	0.0010	132.46	0.0001	0.0001	72.9
9	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	0.8	124	124	0.10	0.36	0.0001	17.34	0.0001	0.0001	2.0
10	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	2.5	53	104	23.66	58.55	0.6149	207.27	5.0000	0.0001	550.0
11	기타 가정용 전기 기기 제조업	1757	31960	2.8	1903	104	0.76	4.66	0.0003	38.87	0.0001	0.0001	42.9
12	비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업	401	12584	0.8	353	97	0.15	0.38	0.0002	32.11	0.0001	0.0001	2.0
13	기타 공학 연구개발업	1395	37470	2.3	1672	88	0.19	0.67	0.0001	20.11	0.0001	0.0001	4.0
14	건축물 일반 청소업	23398	170628	0.7	45	80	0.09	0.28	0.0001	16.42	0.0001	0.0001	1.0
15	그 외 기타 건축 마무리 공사업	2758	12624	1.7	548	78	0.50	1.97	0.0001	18.60	0.0001	0.0001	9.0

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, $X_{0.95}$: 95% tile, $X_{0.95e}$: 95% 상위 추정값

〈표 III-161〉 인동의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7091	46930	0.8	68	14	42.89	38.57	11.81	35.24	27.75	0.0001	106.3	100.56	4140.9
2	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1115	0.3	1	6	159.33	176.90	10.81	259.65	71.00	0.0001	401.0	392.75	101309.5
3	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	107	2043	0.7	5	21	174.48	178.96	8.57	371.55	145.00	0.0001	578.0	557.00	144787.1
4	산업용 로봇 제조업	524	4240	0.5	40	38	64.67	124.53	6.40	44.16	10.00	0.0001	598.0	305.80	3254.4
5	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	1.5	252	283	17.50	37.96	1.40	75.30	4.60	0.0001	516.1	72.09	1706.6
6	귀금속 및 관련제품 제조업	1092	4434	0.2	1	2	1.00		1.00	1.00	1.00	1.0000	1.0	1.00	1.0
7	교육 행정	964	16922	0.2	55	1	1.00		1.00	1.00	1.00	1.0000	1.0	1.00	1.0
8	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	0.2	3	2	1.00		1.00	1.00	1.00	1.0000	1.0	1.00	1.0
9	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	2.5	53	104	23.66	58.55	0.61	207.27	5.00	0.0001	550.0	83.85	3976.5
10	기타 비주거용 건물 건설업	12190	152838	0.2	9	6	5.80	9.62	0.57	71.93	2.25	0.0001	25.3	19.80	650.0
11	디스플레이 제조용 기계 제조업	149	2263	2.2	247	59	12.03	19.93	0.16	293.75	3.00	0.0001	87.0	51.80	1802.0
12	전자기 측정, 시험 및 분석 기구 제조업	792	9938	0.2	6	5	6.00	6.00	0.07	389.67	8.00	0.0001	14.0	12.80	1354.4
13	전기회로 접속장치 제조업	259	2559	0.5	2	10	0.41	0.63	0.02	62.10	0.15	0.0001	2.0	1.51	21.0
14	절삭 가공 및 유사 처리업	1829	9163	0.5	2	5	0.22	0.20	0.01	78.03	0.30	0.0001	0.4	0.40	13.4
15	통 및 호환성 공구 제조업	335	7111	3.3	469	71	2.85	5.40	0.01	275.29	0.00	0.0001	26.6	13.49	56.2

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-162〉 인들의 95%tile 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	107	2043	0.7	5	21	174.48	178.96	8.57	371.55	145.00	0.0001	578.0
2	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1115	0.3	1	6	159.33	176.90	10.81	259.65	71.00	0.0001	401.0
3	산업용 로봇 제조업	524	4240	0.5	40	38	64.67	124.53	6.40	44.16	10.00	0.0001	598.0
4	그 외 기타 분류 안된 금속 기공제품 제조업	7091	46930	0.8	68	14	42.89	38.57	11.81	35.24	27.75	0.0001	106.3
5	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	2.5	53	104	23.66	58.55	0.61	207.27	5.00	0.0001	550.0
6	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	1.5	252	283	17.50	37.96	1.40	75.30	4.60	0.0001	516.1
7	디스플레이 제조용 기계 제조업	149	2263	2.2	247	59	12.03	19.93	0.16	293.75	3.00	0.0001	87.0
8	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	9.3	10189	381	4.91	14.21	0.00	211.38	0.00	0.0001	105.0
9	기타 비주거용 건물 건설업	12190	152838	0.2	9	6	5.80	9.62	0.57	71.93	2.25	0.0001	25.3
10	토목 및 호환성 공구 제조업	335	7111	3.3	469	71	2.85	5.40	0.01	275.29	0.00	0.0001	26.6
11	전기회로 개폐, 보호 장치 제조업	1534	22953	0.8	22	8	2.58	6.81	0.00	151.15	0.00	0.0001	19.4
12	전자기 측정, 시험 및 분석 기구 제조업	792	9938	0.2	6	5	6.00	6.00	0.07	389.67	8.00	0.0001	14.0
13	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	322	7064	1.2	102	24	2.47	9.48	0.00	66.75	0.00	0.0001	45.0
14	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	2.0	156	125	2.44	9.87	0.00	132.46	0.00	0.0001	72.9
15	플라스틱 신, 봉, 관 및 호스 제조업	1437	15949	0.5	31	22	2.18	5.39	0.00	172.74	0.00	0.0001	23.0
													9.90
													5.5

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-163〉 인동의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	107	2,043	0.7	5	21	174.48	8.5716	145.0000	557.0	4	3	6.71
2	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	9.3	10,189	381	4.91	0.0017	0.0001	30.0	2	4	6.47
3	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1,115	0.3	1	6	159.33	10.8138	71.0000	392.8	4	3	4.34
4	산업용 로봇 제조업	524	4,240	0.5	40	38	64.67	6.4030	10.0000	305.8	4	3	3.34
5	반도체 제조용 기계 제조업	3,408	35,358	5.7	671	222	0.27	0.0002	0.0001	1.0	1	2	3.32
6	기타 반도체 소자 제조업	867	67,811	4.2	57,426	484	0.41	0.0003	0.0001	3.0	1	2	2.21
7	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5,309	2.5	53	104	23.66	0.6149	5.0000	83.9	3	4	1.99
8	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46,660	3.8	36,545	711	0.62	0.0006	0.0001	3.0	1	2	1.96
9	톱 및 호환성 공구 제조업	335	7,111	3.3	469	71	2.85	0.0054	0.0001	13.5	2	2	1.71
10	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	3.5	20,351	68	0.22	0.0002	0.0001	2.0	1	2	1.69
11	디스플레이 제조용 기계 제조업	149	2,263	2.2	247	59	12.03	0.1570	3.0000	51.8	3	4	1.32
12	기타 가정용 전기 기기 제조업	1,757	31,960	2.8	1,903	104	0.76	0.0003	0.0001	1.3	1	2	1.18
13	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10,714	1.5	252	283	17.50	1.3958	4.6000	72.1	3	4	1.08
14	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7,091	46,930	0.8	68	14	42.89	11.8100	27.7500	100.6	4	3	0.94
15	액정 표시장치 제조업	183	9,944	2.3	12,333	278	1.27	0.0030	0.0001	7.6	1	2	0.88

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

28) 주석 (산화주석및무기화합물, 금속주석, 유기주석)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

- 원소 주석, 주석 산화물 및 무기 주석 화합물

원소 주석, 주석 산화물 및 무기 주석 화합물(주석 수소화물 SnH_4 및 인듐 주석 산화물 $\text{In}_2\text{O}_5\text{Sn}$ 제외)에 대한 직업적 노출을 위해 흡입성 입자상 물질로 측정된 $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ 의 TWA가 권장된다. 이 값은 주석 및 무기 주석 화합물에 과도하고 만성적으로 노출되어 발생하는 희귀하고 일반적으로 경미한 형태의 진폐증인 주석증(stannosis)의 잠재성을 최소화하기 위한 것이다. 그러나 일부 사례 보고에서는 장기적인 직업적 노출이 노출 종료 후 여러 해가 지나 호흡 부전으로 인한 사망으로 이어질 수 있는 것으로 나타났다. 피부, 감작성, 발암성 표기 또는 STEL을 권장할 만한 충분한 데이터는 없다.

주석은 모든 유형의 냉간 작업에 적용할 수 있다. 저융점의 납땜제와 쉽게 결합되며, 다른 금속과의 합금은 주석의 경도를 증가시킨다. 주석의 주요 용도는 보호 코팅 및 합금, 납땜제, 청동 및 황동 합금, 저마찰 베어링 금속, 그리고 납땜제의 구성 요소이다. 주석 유기 화합물(별도의 TLV 및 관련 문서에서 다루는)은 살생물제, 촉매 및 폴리염화비닐 플라스틱의 안정제로 사용된다 (ILO, 2012).

- 유기 주석

유기 주석 화합물에 대한 직업적 노출을 위해 $0.1 \text{ mg}/\text{m}^3(\text{as Sn})$ 의 TWA가 권장된다. 이 값은 면역 기능 및 중추 신경계에 대한 잠재적 부작용을 최소화하기 위한 것이다. 급성 증상(예: 눈 및 상부 호흡기 자극, 두통, 메스꺼움)을 최소화하기 위해 $0.2 \text{ mg}/\text{m}^3(\text{as Sn})$ 의 STEL도 권장된다. 특히 기니피그를 대상으로 한 동물 데이터와 손상된 피부를 통한 흡수 증가로 인한 전신적 영향의 잠재성을 근거로 피부 노출(Skin) 표시가 지정되었다. 쥐와 생쥐를 대상으로 한 연구에서 발암 효과가 나타나지 않았기 때문에 A4(인간 발암성 물질로

분류되지 않음) 표시가 지정되었다. 감작성 표기를 권장하기 위한 충분한 데이터는 없다.

유기 주석 화합물은 상업적으로 세 가지 주요 용도로 사용된다. 1) 폴리염화비닐(PVC) 폴리머의 열 및 광 안정제(예: 디부틸 및 디옥틸 주석 유도체)와 기타 할로젠화 및 비할로젠화 화합물, 2) 폴리우레탄 폼 생산을 포함한 다양한 화학 반응의 산업 촉매제, 3) 산업용(예: 트라이알킬 주석 유도체) 및 농업용 생물 살균제(예: 비스[트라이-n-부틸 주석]옥사이드)로, 병원 바닥과 스포츠 경기장과 같은 표면의 소독제, 주혈흡충증을 제어하기 위한 연체동물 살충제, 목재, 면 섬유, 종이 및 주택의 페인트와 스테인의 방부제, 그리고 다양한 해양 페인트의 방오제로 사용된다. 테트라-n-부틸 주석은 휘발유 첨가제로 사용된 적이 있다. 노출 가능성이 가장 큰 직업군에는 유기 주석 제형을 사용하는 제조 작업에 종사하는 사람들, 페인트 분사기 및 PVC 혼합 작업자들이 포함된다.

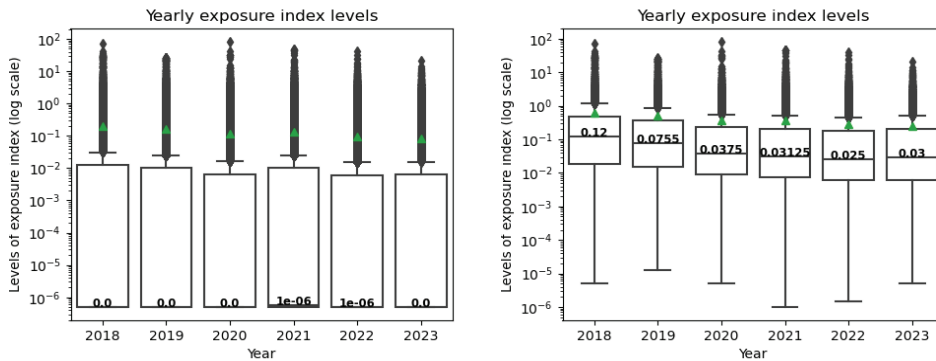
(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 186,879건이며, 물질명 오류 2건, 횡수조정 72건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 286건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $0.06 \text{ mg/m}^3 \sim 0.1 \text{ mg/m}^3$, $1.3 \text{ mg/m}^3 \sim 2 \text{ mg/m}^3$) 자료 190건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 186,329건이었으며, 금속 150,871건, 산화주석 및 무기화합물 30,189건, 유기주석 5,269건 이었다. 불검출 값은 금속 102,357건(67.8%), 산화주석 및 무기화합물 18,949건(62.8%), 유기주석 3,869건(73.4%) 이었다.

금속, 산화주석 및 무기화합물을 함께 분석하고, 유기주석은 별도로 분석하였다.

주석(금속, 산화주석, 무기화합물)의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 불검출율은 67% 였다. 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.13%였으며, 기하

평균은 0.0001% 미만이었다. 95% 상위 노출지수는 평균 0.55% 수준이었고, 최대 노출지수는 81.56% 였다.



[그림 III-30] 주식의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.001% 미만이었고, 95% tile은 최대 1.7%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 1.15% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 8개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 0.1~1% 범위에 5개 업종이 해당하고, 나머지는 0.1% 미만 이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% 상위 노출지수가 10~50% 범위에 있는 경우는 2개 업종이고, 나머지는 1~10% 범위에 해당하였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 2.50~14.45 이었다. 주요 등급은 4등급 4개 업종, 3등급 8개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 2개, 1등급 13개 업종이었다.

〈표 III-164〉 주석의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	26308	18070	68.7	0.20	1.33	0.0000	312.79	0.0000	0.0000	70.42	0.80
2019	28676	19519	68.1	0.16	1.01	0.0000	280.47	0.0000	0.0000	26.63	0.64
2020	29993	20242	67.5	0.12	0.90	0.0000	231.62	0.0000	0.0000	81.56	0.49
2021	30844	19802	64.2	0.13	0.97	0.0000	255.72	0.0000	0.0000	46.91	0.52
2022	32069	21551	67.2	0.10	0.61	0.0000	211.14	0.0000	0.0000	40.23	0.41
2023	33170	22122	66.7	0.08	0.42	0.0000	218.93	0.0000	0.0000	21.12	0.44
합계	181060	121306	67.0	0.13	0.90	0.0000	247.72	0.0000	0.0000	81.56	0.55

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-165〉 주석의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	575.0	75746	21839	0.11	0.63	0.0000	262.60	0.0000	0.0000	23.1
2	자동차 종합 수리업	7841	46581	458.3	5243	7708	0.11	0.68	0.0000	189.28	0.0000	0.0000	13.8
3	도금업	2108	23683	296.0	4698	7128	0.30	1.03	0.0001	555.30	0.0000	0.0000	32.6
4	그 외 자동차용 부품 제조업	4427	71377	163.8	26395	6692	0.13	1.22	0.0001	322.42	0.0000	0.0000	81.6
5	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	85.7	129151	6009	0.12	0.97	0.0000	200.07	0.0000	0.0000	40.2
6	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46660	51.0	67612	5752	0.05	0.30	0.0000	122.14	0.0000	0.0000	8.1
7	가전제품 수리업	2001	18787	182.7	4685	5377	0.00	0.02	0.0000	3.40	0.0000	0.0000	1.1
8	인쇄회로기판용 적층판 제조업	1646	29900	122.3	13868	3892	0.28	1.65	0.0000	399.00	0.0000	0.0000	26.6
9	자동차 차체용 부품 제조업	4296	149959	86.5	17943	3649	0.28	1.43	0.0001	409.18	0.0000	0.0000	33.9
10	그 외 기타 전기장비 제조업	2350	27510	103.5	8300	3053	0.12	0.76	0.0000	278.43	0.0000	0.0000	25.8
11	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	91.2	32970	2848	0.02	0.17	0.0000	76.00	0.0000	0.0000	3.6
12	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	10.0	7290	2528	0.01	0.23	0.0000	16.25	0.0000	0.0000	8.8
13	철도 여객 운송업	14	17208	11.0	11315	2475	0.04	0.13	0.0001	260.63	0.0000	0.0000	1.4
14	방송장비 제조업	1051	23434	59.3	6558	2394	0.13	0.55	0.0000	309.71	0.0000	0.0000	10.9
15	유선 통신장비 제조업	760	9962	61.7	7485	2209	0.13	0.48	0.0001	365.80	0.0000	0.0000	12.8

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-166〉 주식의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	인삼식품 제조업	187	2425	0.2	23	2	3.19	4.21	1.15	5.35	3.19	0.2150	6.2	5.87	18.2
2	건반 악기 제조업	9	197	1.0	18	23	2.28	5.64	0.32	24.14	0.42	0.0000	22.6	15.66	59.5
3	지정 외 폐기물 처리업	558	5209	0.3	2	6	0.41	0.41	0.23	3.33	0.27	0.0350	1.1	0.98	1.7
4	무인 항공기 및 무인 비행장치 제조업	159	461	0.7	11	5	0.61	0.83	0.17	7.95	0.27	0.0050	2.0	1.76	5.0
5	가정용 유리제품 제조업	68	607	0.7	93	28	1.45	1.21	0.13	186.08	1.44	0.0000	3.8	3.48	729.4
6	강관 제조업	161	3353	0.3	179	11	0.20	0.20	0.11	3.26	0.17	0.0200	0.6	0.53	0.8
7	교량, 터널 및 철도 건설업	248	11450	0.2	5	1	0.09		0.09	1.00	0.09	0.0900	0.1	0.09	0.1
8	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	183	1624	0.8	480	47	0.31	0.53	0.05	40.32	0.14	0.0000	2.9	1.04	23.4
9	주철관 제조업	127	1706	1.0	11	20	1.28	2.19	0.05	316.64	0.51	0.0000	7.5	7.47	615.7
10	어망 및 기타 끈 가공품 제조업	346	1876	0.3	3	3	4.51	3.91	0.03	2299.52	6.55	0.0000	7.0	6.94	9614.1
11	의약품 도매업	4468	36669	0.2	6	2	0.03	0.00	0.03	1.10	0.03	0.0250	0.0	0.03	0.0
12	플라스틱렌 발포 성형제품 제조업	79	433	0.7	33	8	0.05	0.06	0.03	3.11	0.02	0.0063	0.2	0.15	0.2
13	데이터베이스 및 온라인 정보 제공업	2632	24709	0.2	3	4	0.02	0.00	0.02	1.21	0.02	0.0175	0.0	0.03	0.0
14	가정용 및 장식용 도자기 제조업	359	1900	1.0	13	13	2.50	2.87	0.02	1225.54	0.70	0.0000	6.7	6.56	2276.6
15	섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업	1025	7819	1.0	75	62	0.04	0.04	0.02	10.98	0.03	0.0000	0.3	0.09	0.9

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-167〉 주석의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

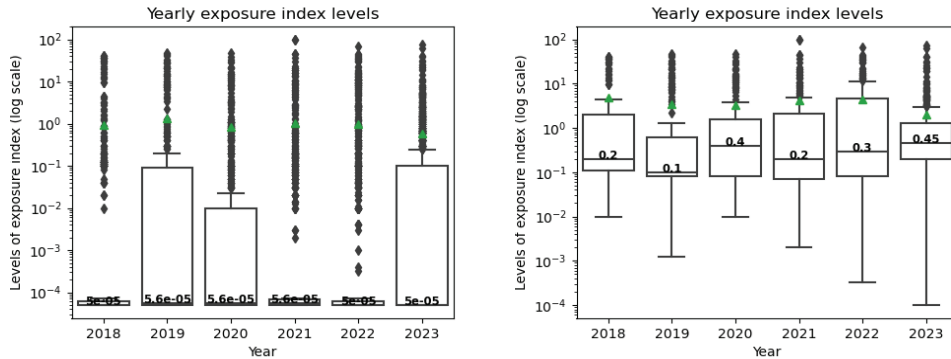
연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	표면 광택제 및 실내 기항제 제조업	242	1540	1.0	10	10	22	2.06	6.59	0.00	425.01	0.00	0.0000	22.6	21.20
2	건반 악기 제조업	9	197	1.0	18	18	23	2.28	5.64	0.32	24.14	0.42	0.0000	22.6	15.66
3	주철관 제조업	127	1706	1.0	11	11	20	1.28	2.19	0.05	316.64	0.51	0.0000	7.5	7.47
4	시내버스 운송업	840	85809	0.8	201	201	9	1.60	3.21	0.00	1003.52	0.00	0.0000	8.1	7.38
5	어망 및 기타 끈 가공품 제조업	346	1876	0.3	3	3	3	4.51	3.91	0.03	2299.52	6.55	0.0000	7.0	6.94
6	가정용 및 장식용 도자기 제조업	359	1900	1.0	13	13	13	2.50	2.87	0.02	1225.54	0.70	0.0000	6.7	6.56
7	인삼식품 제조업	187	2425	0.2	23	23	2	3.19	4.21	1.15	5.35	3.19	0.2150	6.2	5.87
8	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	4.5	4388	4388	212	0.76	2.01	0.00	729.72	0.00	0.0000	13.5	4.69
9	구름베어링 제조업	311	6614	11.8	413	413	266	0.58	1.64	0.00	775.76	0.00	0.0000	10.8	4.06
10	기타 판유리 가공품 제조업	643	6237	3.3	291	291	142	0.67	1.20	0.00	1095.88	0.00	0.0000	6.0	3.63
11	가정용 유리제품 제조업	68	607	0.7	93	93	28	1.45	1.21	0.13	186.08	1.44	0.0000	3.8	3.48
12	텔레비전 제조업	41	291	2.0	387	387	57	0.28	0.81	0.00	194.85	0.00	0.0000	3.1	2.48
13	산업용 송풍기 및 배기장치 제조업	699	5098	1.7	100	100	18	0.61	1.85	0.00	579.93	0.00	0.0000	7.8	2.46
14	액체 연료 및 관련제품 도매업	1560	5694	1.0	8	8	12	0.49	0.96	0.00	1100.40	0.00	0.0000	3.0	2.42
15	전자 감지장치 제조업	166	1094	5.8	377	377	124	0.30	0.98	0.00	421.07	0.00	0.0000	6.8	2.37

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-168〉 주석의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	575.0	75,746	21839	0.11	0.0000	0.0000	0.4	1	2	14.45
2	표면 광택제 및 실내 가향제 제조업	242	1,540	1.0	10	22	2.06	0.0002	0.0010	21.2	2	3	14.11
3	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	458.3	5,243	7708	0.11	0.0000	0.0000	0.2	1	2	11.27
4	건반 악기 제조업	9	197	1.0	18	23	2.28	0.3161	0.4200	15.7	2	3	10.25
5	도금업	2,108	23,683	296.0	4,698	7128	0.30	0.0001	0.0000	1.7	1	4	8.14
6	주철관 제조업	127	1,706	1.0	11	20	1.28	0.0474	0.5078	7.5	1	3	4.55
7	시내버스 운송업	840	85,809	0.8	201	9	1.60	0.0002	0.0000	7.4	1	3	4.49
8	어망 및 기타 끈 가공품 제조업	346	1,876	0.3	3	3	4.51	0.0284	6.5450	6.9	1	3	4.17
9	가전제품 수리업	2,001	18,787	182.7	4,685	5377	0.00	0.0000	0.0000	0.0	1	2	4.03
10	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	163.8	26,395	6692	0.13	0.0001	0.0000	0.6	1	4	3.98
11	가정용 및 장식용 도자기 제조업	359	1,900	1.0	13	13	2.50	0.0189	0.6950	6.6	1	3	3.92
12	인삼식품 제조업	187	2,425	0.2	23	2	3.19	1.1511	3.1888	5.9	1	3	3.42
13	인쇄회로기판용 적층판 제조업	1,646	29,900	122.3	13,868	3892	0.28	0.0000	0.0000	0.9	1	4	3.10
14	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24,282	4.5	4,388	212	0.76	0.0001	0.0000	4.7	1	3	2.71
15	자동차 차체용 부품 제조업	4,296	149,959	86.5	17,943	3649	0.28	0.0001	0.0000	1.4	1	4	2.50

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값



[그림 III-31] 유기주석의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

유기주석의 연도별 측정건수는 증가하는 경향이 있으며, 불검출율은 73.4%였다. 산술평균 노출지수는 0.89%였고, 기하평균 노출지수는 0.0006%였다.

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.02% 미만이었으며, 95% tile은 최대 21.57%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 3.41% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 12개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 0.1~1% 범위에는 10개 업종이 해당되고, 나머지는 0.1% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 97.13%였고, 나머지 14개 업종은 10~50% 범위에 해당되었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 1.47~7.83이었다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 4개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 1개, 2등급 11개, 1등급 3개 업종이었다.

〈표 III-169〉 유가주석의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	584	472	80.8	0.94	4.92	0.0003	41.55	0.0001	0.0001	41.20	1.65
2019	561	346	61.7	1.33	5.53	0.0014	79.38	0.0001	0.0001	47.94	8.46
2020	687	511	74.4	0.86	4.00	0.0005	59.33	0.0001	0.0001	47.50	3.32
2021	770	581	75.5	1.02	6.21	0.0005	52.95	0.0001	0.0001	98.10	4.27
2022	1094	844	77.1	1.00	4.75	0.0004	53.08	0.0001	0.0001	67.30	6.17
2023	1573	1115	70.9	0.58	3.49	0.0007	68.73	0.0001	0.0001	74.70	2.00
합계	5269	3869	73.4	0.89	4.69	0.0006	60.50	0.0001	0.0001	98.10	3.21

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-170〉 유기주석의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	계면활성제 제조업	292	3907	1.5	593	1143	0.01	0.03	0.0001	8.89	0.0001	0.0001	0.1	0.09	0.0040
2	강선 건조업	2596	76573	6.2	9194	500	0.12	0.48	0.0009	44.66	0.0001	0.0001	5.1	0.67	0.4792
3	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	1.2	7286	421	0.38	0.70	0.0077	89.56	0.1000	0.0001	5.3	1.60	12.5571
4	자동차 종합 수리업	7841	46581	18.8	357	299	0.57	5.66	0.0003	27.96	0.0001	0.0001	74.7	0.40	0.0702
5	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	12.8	337	215	2.40	6.82	0.0012	148.76	0.0001	0.0001	42.0	14.70	4.6012
6	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	4.8	1886	181	0.57	3.00	0.0004	53.92	0.0001	0.0001	33.5	1.70	0.3160
7	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4427	71377	7.2	1477	144	1.80	6.25	0.0005	74.07	0.0001	0.0001	39.5	11.12	0.6045
8	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	3.0	490	120	1.99	7.84	0.0008	101.32	0.0001	0.0001	67.3	13.10	1.5209
9	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	1.7	4798	115	0.01	0.03	0.0001	4.66	0.0001	0.0001	0.2	0.00	0.0009
10	자동차 차체용 신품 부품 제조업	4296	149959	7.5	1484	100	0.84	4.34	0.0009	66.71	0.0001	0.0001	41.2	4.38	0.9282
11	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	2.7	479	91	1.95	5.18	0.0009	122.29	0.0001	0.0001	29.6	12.54	2.3147
12	축전지 제조업	376	17024	1.3	4033	86	0.10	0.22	0.0006	49.76	0.0001	0.0001	1.1	0.52	0.3474
13	모피 및 가죽 제조업	328	3459	1.3	16	82	4.21	6.98	0.0121	308.26	0.0001	0.0001	23.9	21.57	150.5759
14	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	1.3	244	75	0.20	0.32	0.0042	75.38	0.0200	0.0001	1.5	0.89	5.1814
15	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	1.0	632	75	0.20	0.45	0.0016	59.49	0.0001	0.0001	2.1	1.12	1.2890

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-171〉 유기주석의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	포장용 유리용기 제조업	57	2401	0.5	73	16	20.88	32.86	3.41	9.99	3.35	0.1000	98.1
2	등 압연, 압출 및 연신제품 제조업	86	3735	0.2	161	2	0.73	0.57	0.61	1.85	0.73	0.3300	1.1
3	화약 및 불꽃제품 제조업	24	2892	0.3	189	19	8.56	7.21	0.40	220.70	10.46	0.0001	21.3
4	교량, 터널 및 철도 건설업	248	11450	0.2	22	2	0.24	-	0.24	1.00	0.24	0.2400	0.2
5	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	0.3	8	3	10.41	10.52	0.23	359.85	10.19	0.0001	21.0
6	기타 발전업	402	29181	0.2	210	1	0.20	-	0.20	1.00	0.20	0.2000	0.2
7	전기·전자공학 연구개발업	647	6768	0.2	676	9	0.23	0.17	0.19	1.80	0.20	0.1000	0.6
8	소파 및 기타 내장 가구 제조업	585	2943	0.2	10	2	0.19	0.09	0.18	1.41	0.19	0.1250	0.3
9	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1535	27006	0.2	3	3	0.17	0.06	0.16	1.39	0.20	0.1000	0.2
10	메모리용 전자집적회로 제조업	12	427	0.2	3	2	0.10	-	0.10	1.00	0.10	0.1000	0.1
11	시내버스 운송업	840	85809	0.2	38	1	0.10	-	0.10	1.00	0.10	0.1000	0.1
12	화물 자동차 및 특수 목적용 자동차 제조업	335	8236	0.8	815	20	4.80	9.64	0.04	212.45	0.20	0.0001	39.7
13	간판 및 광고물 제조업	5193	15397	0.3	2	3	0.44	0.47	0.03	81.01	0.39	0.0001	0.9
14	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1130	13047	0.7	14	8	2.52	4.93	0.02	142.47	0.10	0.0001	13.6
15	신발 부분품 제조업	413	2374	0.7	35	6	0.37	0.48	0.02	73.53	0.25	0.0001	1.3
													24.3

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-172〉 유기주석의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	포장용 유리용기 제조업	57	2401	0.5	73	16	20.88	32.86	3.41	9.99	3.35	0.1000	98.1	97.13	150.5
2	반도체 제조용 기계 제조업	3408	35358	2.3	289	36	6.04	13.80	0.01	216.30	0.00	0.0001	47.9	41.96	41.6
3	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	1437	15949	1.7	94	26	5.98	14.15	0.01	177.08	0.00	0.0001	44.6	36.94	28.8
4	판유리 제조업	285	5543	0.7	6	5	10.14	18.30	0.01	551.68	0.00	0.0001	42.2	35.46	275.7
5	스크린 인쇄업	903	4909	1.8	68	60	4.95	9.48	0.00	303.28	0.00	0.0001	35.9	27.27	25.9
6	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	0.8	640	26	4.29	9.19	0.00	251.38	0.00	0.0001	34.4	25.95	12.6
7	화물 자동차 및 특수 목적용 자동차 제조업	335	8236	0.8	815	20	4.80	9.64	0.04	212.45	0.20	0.0001	39.7	22.58	281.4
8	점착제 및 젤라틴 제조업	490	5391	2.5	132	71	4.04	8.43	0.00	281.92	0.00	0.0001	41.2	22.05	41.2
9	모피 및 가죽 제조업	328	3459	1.3	16	82	4.21	6.98	0.01	308.26	0.00	0.0001	23.9	21.57	150.6
10	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	0.3	8	3	10.41	10.52	0.23	359.85	10.19	0.0001	21.0	19.96	3674.6
11	화약 및 불꽃제품 제조업	24	2892	0.3	189	19	8.56	7.21	0.40	220.70	10.46	0.0001	21.3	19.08	2858.5
12	무기 및 총포탄 제조업	62	6377	0.7	225	40	3.19	8.27	0.00	187.35	0.00	0.0001	38.1	16.43	5.6
13	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	12.8	337	215	2.40	6.82	0.00	148.76	0.00	0.0001	42.0	14.70	4.6
14	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	3.0	490	120	1.99	7.84	0.00	101.32	0.00	0.0001	67.3	13.10	1.5
15	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	2.7	479	91	1.95	5.18	0.00	122.29	0.00	0.0001	29.6	12.54	2.3

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-173〉 유기주석의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세분류)	산재기업※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	포장용 유리용기 제조업	57	2,401	0.5	73	16	20.88	3.4115	3.3500	97.1	3	3	7.83
2	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	18.8	357	299	0.57	0.0003	0.0001	0.4	1	2	7.57
3	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	12.8	337	215	2.40	0.0012	0.0001	14.7	2	4	6.14
4	반도체 제조용 기계 제조업	3,408	35,358	2.3	289	36	6.04	0.0060	0.0001	42.0	2	4	3.83
5	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	7.2	1,477	144	1.80	0.0005	0.0001	11.1	2	4	3.29
6	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	1,437	15,949	1.7	94	26	5.98	0.0058	0.0001	36.9	2	4	3.09
7	자동차 차체용 부품 제조업	4,296	149,959	7.5	1,484	100	0.84	0.0009	0.0001	4.4	1	2	2.85
8	판유리 제조업	285	5,543	0.7	6	5	10.14	0.0085	0.0001	35.5	2	3	2.52
9	스크린 인쇄업	903	4,909	1.8	68	60	4.95	0.0021	0.0001	27.3	2	4	2.32
10	접착제 및 젤라틴 제조업	490	5,391	2.5	132	71	4.04	0.0038	0.0001	22.1	2	4	2.16
11	강선 건조업	2,596	76,573	6.2	9,194	500	0.12	0.0009	0.0001	0.7	1	2	1.93
12	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12,890	0.8	640	26	4.29	0.0014	0.0001	26.0	2	3	1.76
13	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	3.0	490	120	1.99	0.0008	0.0001	13.1	2	4	1.61
14	모피 및 가죽 제조업	328	3,459	1.3	16	82	4.21	0.0121	0.0001	21.6	2	4	1.60
15	화물 자동차 및 특수 목적용 자동차 제조업	335	8,236	0.8	815	20	4.80	0.0418	0.2000	22.6	2	3	1.47

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

29) 코발트 및 그 무기화합물

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

코발트(Co)로 측정된 흡입성 입자상 물질에 대해 원소 코발트 및 무기 코발트 화합물의 직업적 노출기준으로 TWA 0.02 mg/m³이 권장된다. 여러 연구는 코발트 및 그 화합물의 노출이 폐에 유해한 영향과 관련이 있음을 입증했다. 이 값은 천식, 폐 기능 변화 및 심장 효과를 최소화하고 코발트 화합물의 감작 가능성을 고려한 추가 보호를 포함한다. 이 노출기준은 텅스텐 카바이드 또는 다이아몬드의 시멘트 재료로서의 코발트에는 적용되지 않는다. 이는 코발트 단독에 대한 반응을 지배하는 메커니즘이 다른 금속과 혼합 노출 시의 효과와는 다르다고 생각되기 때문이다. 사용자는 코발트와 텅스텐 카바이드를 포함한 하드 메탈에 대한 별도의 노출기준 문서를 참조해야 한다. 또한 유기 코발트 화합물에도 적용할 수 없으며, 필요시 코발트 카보닐 및 코발트 하이드로카보닐에 대한 노출기준 문서를 참조해야 한다.

Swennen 등(1993)에 의한 코발트 정제소에서의 단면 연구에서는 개인 흡입 수준이 0.001-7.7 mg/m³(기하학적 중위수, 0.125 mg/m³) 범위에서 운동 중 쉼쉼거림 및 호흡 곤란을 보고한 노출 그룹이 대조군보다 많았으며, 특히 흡연자들에서 더 두드러졌다. 임상 검사에서 노출 그룹(흡연자와 비흡연자 모두)에서는 습진, 피부 홍반 및 쉼쉼거림이 대조군보다 더 많이 나타났다. 운동 중 호흡 곤란에 대한 로지스틱 회귀 분석에서는 공기 중 코발트 수준이 0.05 mg/m³ 미만일 때 이 효과의 확률이 10% 미만인 것으로 나타났다. 같은 정제소에서의 후속 종단 연구는 소변 중 코발트 수준과 노출 흡연자의 FEV₁ 감소 간의 연관성을 보여주었지만, 비흡연자에게서는 나타나지 않았으며, 추정된 시간 가중 평균 노출은 0.01-0.04 mg/m³였다.

코발트와 무기 화합물의 인체 발암성에 대한 불확실성이 존재해 왔다. 다양한 노출 경로를 통해 투여된 코발트 화합물에 대한 동물 실험 연구에서는 종양 유발 반응이 유도되었다. 그러나 일부 연구자료는 코발트가 드문 또는 불

가능한 경로나 수준의 노출을 제외하고는 인간에게 암을 유발할 가능성이 낮음을 시사하였다. 이를 바탕으로 코발트 및 무기 화합물에는 A3(인간과의 관련성이 알려지지 않은 동물 발암성 확인) 표기가 할당되었다.

코발트는 쥐 및 기니피그에서의 양성 연구와 인간에서의 양성 패치 테스트 결과를 기반으로 피부 감작성(DSEN) 표기가 부여되었고, 인간에서의 양성 기관지 유발 테스트 결과를 기반으로 호흡기 감작성(RSEN) 표기가 부여되었다. STEL 또는 피부 표기를 권장하기에는 데이터가 충분하지 않았다. "화학 물질의 피크 노출" 섹션의 설명에 따라, TWA를 초과하는 노출의 가이드 및 통제를 하여야 한다. 코발트는 생물학적 노출지표(BEI)가 권장된다.

2차 생산과 수입을 통한 미국의 코발트 소비량은 연간 약 13,000 메트릭 톤에 이른다(2013). 코발트 및 무기 코발트 화합물의 주요 산업적 사용 용도는 중요도 순으로 다음과 같다. 영구 자석 (약 30%): 코발트 금속 및 금속 분말은 전화기, 자기 테이프, 마이크, 스피커, 컴퓨터, 모터에 사용되는 영구 자석에 사용됨. 내열 합금 (약 20%): 코발트 금속은 가스터빈, 전기 난방 요소, 항공기 엔진에 사용되는 내열 합금에 사용됨. 고강도 합금 (약 10%): 코발트 금속은 강도와 내식성을 필요로 하는 특수 축, 우주 장비 및 기타 고합금에 사용됨. Stellite 합금은 40-65% 코발트, 30% 크롬, 5-20% 텅스텐을 포함합니다. Vitallium 합금은 최대 50-60% 코발트를 포함하여 외과용 임플란트에 사용됨. 공구 및 다이 재료 (약 10%): 금속 및 산화물은 드릴 비트, 단조 조각 및 해머에 사용됨. 코발트는 시멘트 카바이드 팁에 사용됨. 페인트 및 에나멜 (약 10%): 코발트 아세테이트, 산화물, 황산염은 페인트 및 에나멜에서 건조제로 사용됨. 안료 (약 5%): 다양한 코발트 염은 페인트, 유리 및 세라믹에 사용. 세라믹 (약 5%): 다양한 코발트 염은 그라운드 코트 프린트에 사용. 방사선 소스 (약 5%): 방사성 형태의 코발트(특히 Co^{60})는 의료 진단 및 방사선 치료, 식품 조사에 사용. 기타 용도 (약 5%): 금속 분말 및 산화물은 촉매로 사용. 코발트 산화물, 염화물, 황산염 및 금속은 동물 영양, 치과 응용 및 치료에 사용.

코발트와 선택된 코발트 화합물에 대한 관련 독성학적 데이터에 대한 검토

가 미국 독성 물질 및 질병 등록국(U.S. ATSDR, 2004)에 의해 출판되었다. 코발트가 포유류에서 적혈구의 적절한 발달에 필요한 비타민 B₁₂의 필수 요소이기 때문에, 그리고 1923년부터 코발트가 텅스텐 카바이드와 다른 카바이드의 접착제로 사용된 경금속 산업에서 사용되었기 때문에 코발트와 그 화합물에 대한 많은 연구들이 존재한다. 이 산업에서 일하는 근로자들은 코발트를 접착제로 사용한 결과로 인해 호흡기 영향을 겪었다. 기계적 연구에 따르면, 호흡기계의 영향은 코발트와 텅스텐 카바이드 사이의 촉매 상호작용을 통해 접착된 텅스텐 카바이드에서 생성되는 자유 라디칼 및 기타 산화제로 인해 발생한다고 제안되었다.

- 코발트 하이드로카르보닐

코발트 하이드로카보닐에 대한 직업적 노출기준으로 0.1 mg/m³ (as Co), TWA가 권장된다. 이는 쥐의 급성 노출에서 보고된 폐 손상, 부종, 출혈의 영향을 최소화하기 위함이다. 확정적인 독성 데이터는 주로 이 물질이 기체 상태에서 고체 입자로 빠르게 분해되기 때문에 제공되지 않았다. 피부, 감작성, 발암성 표기 또는 STEL을 권장할 데이터는 충분하지 않다. 코발트 하이드로카보닐은 유기 반응에서 촉매로 사용된다.

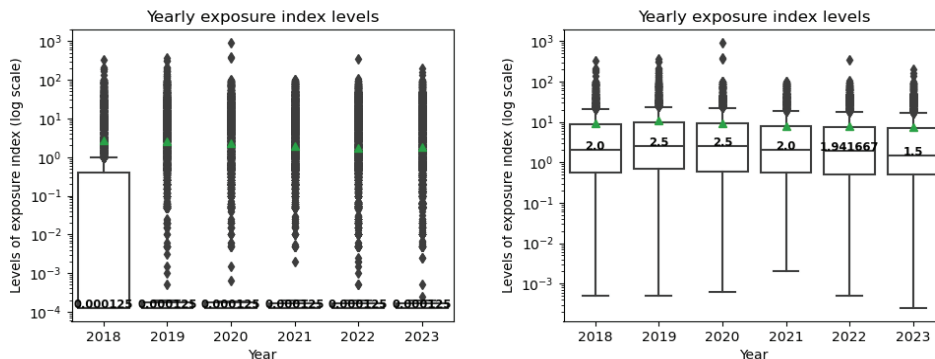
- 코발트 카르보닐

코발트 카르보닐에 대한 직업적 노출기준으로 0.1 mg/m³ (as Co) TWA가 권장된다. 이 값은 설치류의 급성 노출에서 보고된 폐부종을 포함한 부정적인 폐 영향을 최소화하기 위한 것이다. 코발트 카르보닐에 대한 제한된 독성 데이터에서 노출된 쥐의 비장 및 부신에 대한 미확인 손상도 보고되었다. 피부, 감작성, 발암성 표기 또는 STEL을 권장할 만한 데이터는 충분치 않다. 코발트 카르보닐은 하이드로포물레이션, 수소화, 하이드로실화, 이성화, 카르복실화, 카보닐화, 그리고 중합 반응의 촉매로 사용된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 63,071건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 20건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 187건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $0.013 \text{ mg/m}^3 \sim 0.02 \text{ mg/m}^3$) 자료 60건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 62,804건이었으며, 불검출 값은 47,555건(75.7%)이었다.

코발트의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 산술평균 노출수준은 노출기준의 2.11%였으며, 기하평균은 0.0014% 였다. '21년을 제외하고 매년 노출기준을 초과하는 값이 있었고, 95% tile은 평균 11% 수준이었다.



[그림 III-32] 코발트의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 최대 0.262% 였고, 95% tile은 최대 48.13%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 6개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 17.44% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 10~50% 범위에 해당하는 업종은 3개, 1~10% 범위에는 9개 업종, 1% 미만에는 3개 업종이 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서, 95% 상위 노출지

수가 50~100% 범위에 있는 업종은 8개, 10~50% 범위에는 7개 업종이 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.39~15.23이었다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 5개 업종, 2등급 2개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 8개, 2등급 5개, 1등급 2개 업종이었다.

〈표 III-174〉 코발트의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	7420	5283	71.2	2.71	11.43	0.0022	92.13	0.0001	0.0001	324.50	15.50
2019	9439	7177	76.0	2.55	12.39	0.0014	75.14	0.0001	0.0001	358.00	13.10
2020	9969	7586	76.1	2.26	13.34	0.0014	72.78	0.0001	0.0001	908.00	12.00
2021	10806	8253	76.4	1.89	7.87	0.0013	67.52	0.0001	0.0001	99.50	10.00
2022	12018	9252	77.0	1.77	7.91	0.0012	61.18	0.0001	0.0001	344.71	9.38
2023	13152	10004	76.1	1.82	7.67	0.0013	64.46	0.0001	0.0001	198.50	9.83
합계	62804	47555	75.7	2.11	10.09	0.0014	70.37	0.0001	0.0001	908.00	11.06

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-175〉 코발트의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	도금업	2108	23683	190.0	2566	4766	0.75	3.13	0.0017	59.83	0.0002	0.0001	71.0
2	석탄화학적 회합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	7.5	7263	4244	0.09	2.07	0.0001	2.42	0.0001	0.0001	79.4
3	축전지 제조업	376	17024	16.5	9078	2792	4.29	14.53	0.0175	152.01	0.0106	0.0001	358.0
4	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	15.5	139828	2355	0.11	2.15	0.0002	4.55	0.0001	0.0001	82.5
5	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	45.0	21271	2183	2.41	8.38	0.0033	106.20	0.0001	0.0001	195.5
6	제강업	106	24410	2.8	1287	2012	0.01	0.11	0.0002	3.64	0.0001	0.0001	4.5
7	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	27.7	5801	1816	0.55	5.73	0.0004	17.85	0.0001	0.0001	190.0
8	통 및 호환성 공구 제조업	335	7111	31.8	2624	1686	11.25	18.29	0.2620	165.42	2.5625	0.0001	198.5
9	기타 공학 연구개발업	1395	37470	19.5	13862	1312	0.22	1.54	0.0003	14.02	0.0001	0.0001	33.0
10	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	34.5	4380	1272	5.35	19.59	0.0054	148.45	0.0002	0.0001	210.6
11	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	15.3	6641	1259	2.76	7.41	0.0027	112.90	0.0001	0.0001	52.5
12	일차전지 제조업	45	5325	4.7	5154	1222	0.75	4.04	0.0008	43.88	0.0001	0.0001	87.4
13	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	22.7	3786	1189	0.00	0.04	0.0001	1.71	0.0001	0.0001	1.0
14	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	20.8	2026	1150	2.09	8.44	0.0036	91.67	0.0002	0.0001	142.0
15	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	22.7	29211	1061	1.41	6.68	0.0004	25.21	0.0001	0.0001	85.0

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-176〉 코발트의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※				작업환경측정※				노출지수(EI, %)							
		사업장 수		근로자 수		사업장 수		근로자 수		n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수								
1	유암 기기 제조업	1134	7910	0.2	1	0.2	1	0.2	1	2	17.50	2.12	17.44	1.09	17.50	16.0000	19.0
2	비 및 솔 제조업	215	1647	0.2	2	0.2	2	0.2	2	1	12.50		12.50	1.00	12.50	12.5000	12.5
3	광물 처리 및 취급장비 제조업	90	1000	1.0	20	1.0	20	1.0	20	18	25.73	16.12	11.46	16.63	25.00	0.0002	62.5
4	일반 제재업	555	3640	0.2	6	0.2	6	0.2	6	2	10.17	11.47	6.13	2.98	10.17	2.0556	18.3
5	산업용 송풍기 및 배기장치 제조업	699	5098	0.2	0	0.2	0	0.2	0	1	3.33		3.33	1.00	3.33	3.3333	3.3
6	기타 곡물 가공품 제조업	407	2922	0.3	14	0.3	14	0.3	14	3	5.33	5.62	2.84	3.68	4.00	0.5000	11.5
7	디지털 적층 성형기계 제조업	33	88	3.8	133	3.8	133	3.8	133	69	19.21	42.88	2.20	53.33	7.33	0.0001	344.7
8	지정 폐기물 수집, 운반업	941	6886	2.2	30	2.2	30	2.2	30	52	26.21	53.61	1.40	110.49	7.25	0.0001	324.5
9	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	505	3159	0.2	19	0.2	19	0.2	19	2	1.35	0.38	1.33	1.22	1.35	1.0838	1.6
10	기타 가정용 전기 기기 제조업	1757	31960	0.8	3133	0.8	3133	0.8	3133	9	20.90	17.66	1.30	144.94	28.13	0.0002	49.4
11	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리 제조업	143	3057	0.8	102	0.8	102	0.8	102	9	21.31	22.31	1.15	148.90	7.53	0.0001	47.2
12	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	94	1163	0.3	16	0.3	16	0.3	16	2	1.50	1.41	1.12	2.24	1.50	0.5000	2.5
13	기타 전기 변환장치 제조업	1017	11331	1.8	142	1.8	142	1.8	142	77	8.52	16.25	0.96	35.65	2.50	0.0001	95.8
14	기타 비철금속 주조업	378	3387	3.3	524	3.3	524	3.3	524	189	17.53	24.69	0.70	148.40	6.50	0.0001	98.8
15	합금철 제조업	78	1320	3.8	67	3.8	67	3.8	67	148	9.80	9.40	0.56	128.29	7.50	0.0001	39.5
																	26.83
																	1656.1

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-177〉 코발트의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	지정 폐기물 수집, 운반업	941	6886	2.2	30	52	26.21	53.61	1.40	110.49	7.25	0.0001	324.5
2	기타 비철금속 주조업	378	3387	3.3	524	189	17.53	24.69	0.70	148.40	6.50	0.0001	98.8
3	분말 아연제품 제조업	48	301	11.8	301	344	18.52	26.20	0.11	369.51	3.20	0.0001	99.7
4	간판 및 광고물 제조업	5193	15397	0.5	34	12	17.34	26.49	0.16	186.44	0.60	0.0002	66.0
5	철물, 금속 파스너 및 수공구 도매업	5033	11751	1.0	8	34	11.17	27.48	0.02	285.22	0.00	0.0001	134.5
6	탄소섬유 제조업	16	66	0.7	73	123	15.28	19.69	0.13	382.70	7.15	0.0001	77.0
7	비동력식 수공구 제조업	404	2461	9.5	96	186	11.32	19.75	0.19	191.61	2.40	0.0001	95.0
8	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	8.8	1051	766	11.79	20.09	0.29	167.48	3.50	0.0001	180.5
9	날붙이 제조업	239	2207	1.5	31	49	11.36	18.38	0.14	210.98	1.65	0.0001	75.0
10	금속류 원료 재생업	1038	5905	6.3	182	170	20.54	84.18	0.06	269.76	0.50	0.0001	908.0
11	토 및 호환성 공구 제조업	335	7111	31.8	2624	1686	11.25	18.29	0.26	165.42	2.56	0.0001	198.5
12	디지털 적층 성형기계 제조업	33	88	3.8	133	69	19.21	42.88	2.20	53.33	7.33	0.0001	344.7
13	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리 제조업	143	3057	0.8	102	9	21.31	22.31	1.15	148.90	7.53	0.0001	47.2
14	마그네슘 및 광학 매체 제조업	16	766	1.0	307	105	10.17	15.35	0.30	156.62	3.50	0.0001	65.5
15	광물 처리 및 취급장비 제조업	90	1000	1.0	20	18	25.73	16.12	11.46	16.63	25.00	0.0002	62.5

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-178〉 코발트의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	도금업	2,108	23,683	190.0	2,566	4766	0.75	0.0017	0.0002	3.3	1	2	15.23
2	분말 아연제품 제조업	48	301	11.8	301	344	18.52	0.1117	3.2000	80.0	3	4	5.76
3	지정 폐기물 수집, 운반업	941	6,886	2.2	30	52	26.21	1.3996	7.2500	84.6	3	3	5.28
4	톱 및 호환성 공구 제조업	335	7,111	31.8	2,624	1686	11.25	0.2620	2.5625	48.1	2	4	5.20
5	기타 비철금속 주조업	378	3,387	3.3	524	189	17.53	0.6999	6.5000	80.1	3	3	5.06
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	34.5	4,380	1272	5.35	0.0054	0.0002	29.4	2	4	4.11
7	주형 및 금형 제조업	9,288	57,188	35.2	1,426	709	4.32	0.0041	0.0002	28.1	2	4	4.08
8	비동력식 수공구 제조업	404	2,461	9.5	96	186	11.32	0.1927	2.4000	58.5	3	4	4.06
9	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	45.0	21,271	2183	2.41	0.0033	0.0001	14.5	2	4	3.94
10	철물, 금속 파스너 및 수공구 도매업	5,033	11,751	1.0	8	34	11.17	0.0175	0.0001	63.8	3	3	3.72
11	간판 및 광고물 제조업	5,193	15,397	0.5	34	12	17.34	0.1592	0.6000	64.3	3	3	3.72
12	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10,714	8.8	1,051	766	11.79	0.2897	3.5000	53.1	3	4	3.63
13	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	50.5	489	659	0.48	0.0004	0.0001	2.0	1	2	3.53
14	탄소섬유 제조업	16	66	0.7	73	123	15.28	0.1258	7.1500	60.2	3	3	3.45
15	그 외 기타 금속 가공업	11,894	57,148	21.3	958	406	6.16	0.0136	0.0002	34.8	2	4	3.39

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

30) 크롬 (0가, 3가) (6가크롬 제외('23년 연구대상))

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

금속 크롬과 무기 크롬 화합물은 일반적으로 0, +3 또는 +6의 원자가 상태를 가지고 있으며, 이는 그 독성 및 발암 효과에서 크게 차이가 난다.

• 금속 크롬, Cr(0)

금속 크롬에의 노출은 금속 크롬, 페로크롬 또는 기타 크롬 함유 합금의 생산 및 사용 중에 발생할 수 있다. Cr(0)에 대한 TWA는 이러한 경우에 적용되지만, Cr(III) 또는 Cr(VI) 화합물이 함께 존재하는 경우 해당 화합물에 대한 노출기준이 적용되어야 한다. 금속 크롬은 불용성이지만 흡입 시 상부 및 하부 호흡기 자극을 유발할 수 있다. 1931년에 금속 크롬에 대해 0.5 mg/m³의 TWA가 채택되었다. 그 이후, 토끼를 대상으로 한 단일 흡입 연구에서 6시간/일, 주 5일, 4주 동안 0, 0.6 또는 3.1 mg/m³의 크롬 금속 에어로졸(60-80%의 입자가 < 7 μm 직경)에 노출되었을 때 폐에 크롬 관련 영향이 없음을 발견했다. 폐포 대식세포의 구조 및 기능은 체외에서 영향을 받지 않았으며, 크롬 입자는 체내에서 폐포 대식세포에 의해 쉽게 포식되었다. 이전의 0.5 mg/m³의 TWA 값은 유지되었으며, 흡입성 입자크기가 추가 지정되었다.

동물에게 주사 등 작업자 노출과 관련 없는 경로로 금속 크롬을 투여한 여러 종양이 보고된 바 있다. 동물이나 인간에서 Cr(0)의 발암성에 대한 흡입 자료는 없지만, 이 노출 경로에 의해 암을 유발할 가능성은 낮다고 여겨진다. STEL, 감작성, 피부, 또는 발암성 표기 권고를 위한 자료를 충분하지 않다.

• 삼가 크롬 화합물, Cr(III)

이 그룹에는 삼가 크롬 산화물 (Cr₂O₃), 삼가 크롬 황산염 (Cr₂[SO₄]₃), 삼가 크롬 염화물 (CrCl₃) 및 다양한 다른 화합물들이 포함된다. Cr(III)에 대한 노출은 이러한 다양한 화합물의 생산 및 사용 중에 발생한다. 삼가 크롬 화합물은 수동 확산 또는 식균 작용을 통해 세포막을 통과하여 세포에 천천히 소

량으로 들어간다. 그러나 일단 세포 내부에 들어가면 역산화도 매우 느리기 때문에 Cr(III)은 세포 내에서 시간이 지남에 따라 축적될 수 있으며 결국 독성 효과를 초래할 수 있다. 세포 내 Cr(III)의 주요 공급원은 Cr(VI) 화합물이 세포로 흡수된 후(이 과정은 음이온 수송 메커니즘을 통해 빠르게 발생함) Cr(VI)이 Cr(III)으로 환원되는 것이다.

쥐와 토끼에서 Cr(III) 염은 단기 노출 수준이 0.5 mg/m^3 이하일 때 병리 생리학적인 변화를 일으키지 않았다. Derelanko 등은 CDF에서 쥐를 대상으로 삼가 크롬 산화물 또는 기본 삼가 크롬 황산염의 형태로 0, 3, 10, 30 mg/m^3 에 노출시키는 단기(13주) 코 전용 흡입 연구를 수행했다. 두 물질 모두, 특히 기본 삼가 크롬 황산염이 3.0 mg/m^3 의 가장 낮은 노출 수준에서 염증성 폐 변화를 보였다. Huvinen 등은 핀란드의 크롬 작업자들에 대한 Cr(III) 및 Cr(VI) 노출을 연구했다. Cr(III) 화합물에만 노출된 사람들은 대조군에 비해 작업 관련 기침, 3개월 이상의 가래, 작업 관련 호흡 곤란, 운동 시 호흡 곤란 등의 증상이 유의미하게 증가했으며($P < 0.05$), 건강이 "나쁘다"고 생각하는 비율도 더 높았다(13.2% 대 4.2%, $P = 0.03$). 추적 연구에서는 개인의 Cr(III) 노출이 중위수 0.03 mg/m^3 에서 0.004 mg/m^3 로 감소했지만, 추적 시 Cr(III)에 노출된 작업자들은 대조군에 비해 3개월 이상의 가래($OR = 3.01$, $P = 0.02$)와 천식과 함께하는 호흡 곤란($OR = 4.89$, $P = 0.02$) 비율이 여전히 증가했다. 평균 폐 기능은 유의미하게 변하지 않았고, 흉부 엑스레이도 변하지 않았다. 흡연자와 비흡연자 모두에서 중위수 0.03 mg/m^3 수준에서 노출 관련 효과가 나타났지만, 이후 중위수 0.004 mg/m^3 수준이 진정한 무유해영향수준(NOAE)인지 여부는 불분명했다. 그 결과, 모든 Cr(III) 화합물에 대해 흡입성으로 0.003 mg/m^3 의 TWA가 지정되었다.

Gibb와 동료들(2000a)은 Cr(III) 및 Cr(VI)에 노출된 2,357명의 작업자들 사이에서 폐암 사망률을 조사했다. Cr(III)와 Cr(VI) 노출이 상관관계가 있었고 두 화합물의 누적 노출이 폐암과 연관되었지만, 저자는 전체 폐암 사망률에 대한 각 화합물의 기여도를 분리하려고 시도했다. Cr(III) 및 Cr(VI) 노출

변수들을 포함하는 비례위험모델에서는 Cr(VI) 노출이 폐암 위험 증가와 유의미한 연관이 있었지만 Cr(III) 수준은 그렇지 않았다.

흡입을 통한 Cr(III) 화합물 노출과 암 사이의 연관성은 실험동물 연구에서 관찰되지 않았다. 크롬(III) 피콜리네이트 섭취에 대한 2년 연구에서는 수컷 쥐에서 전립선 선종 발생률이 증가했지만, 암컷 쥐 또는 수컷 및 암컷 생쥐에서는 과도한 종양이 발견되지 않았고, 유전독성 검사는 암컷 생쥐에서 가장 높은 농도에서만 양성이었다. 이 연구는 수컷 쥐에서 발암성에 대해 "애매한 증거"가 있으며 암컷 생쥐에서 유전독성에 대해 "애매한 증거"가 있다고 결론지었다. 따라서 현재까지의 데이터는 Cr(III) 화합물이 인간에게 발암성이 없을 가능성이 높지만, 동물에서는 애매한 결과가 있음을 나타낸다. 더 확실한 데이터가 나올 때까지 Cr(III) 화합물에는 발암성 표시 A4(인간 발암성 분류 불가)를 지정한다.

동물에서 Cr(III) 화합물에 대한 감작은 피내 주사를 통해 입증되었지만, Cr(III)에 노출되는 것은 Cr(VI)보다는 면역 감작을 유발할 가능성이 훨씬 적다. 그러나 Cr(VI) 화합물에 감작된 개인은 Cr(III) 화합물에도 알레르기 반응을 일으킬 위험이 있으며, 특히 물에 용해되는 Cr(III) 화합물일 경우 그러하다. 특정 작업(예: 스테인리스 스틸 제조 및 용접, 가죽 태닝, 크롬 도금)에서는 Cr(III) 및 Cr(VI)에 대한 동시 노출이 흔하며, 이러한 환경에서는 Cr(III) 및 Cr(VI) 화합물에 대한 과민반응이 발생할 가능성이 있다. 제한된 동물 데이터와 애매한 인간 결과를 바탕으로, Cr(VI) 노출 없이 물에 용해되는 Cr(III) 화합물이 독립적으로 감작을 유발할 가능성을 배제할 수 없다. 일부 크롬에 감작된 개인의 물에 용해되는 Cr(III) 화합물에 대한 반응을 바탕으로, 이러한 화합물에 대해 RSEN 및 DSEN 표시를 지정한다.

Cr(III) 화합물의 피부를 통한 흡수는 미미하여 체내 분포와 요 배설이 낮다. 주요 이유는 많은 Cr(III) 화합물이 물에 잘 녹지 않기 때문이며, 물에 용해되는 화합물은 피부의 각질층 단백질에 강하게 결합하여("태닝" 효과) 극히 일부분만이 피부 진피층으로 침투한다. 따라서 Cr(III) 화합물에는 피부 표시

가 지정되지 않았다. STEL을 추천할 데이터는 충분하지 않다.

노출기준의 기준점 : Cr(0): 호흡기 자극. Cr(III): 호흡기 자극; 천식. Cr(VI): 폐암; 비강암; 호흡기 자극; 천식.

크롬은 지각에서 21번째로 흔한 원소이다. 크롬광석(크로마이트)은 자연적으로 발생하는 크롬의 형태이다. 이 광석에는 철, 알루미늄, 마그네슘과 함께 여러 Cr(III) 화합물이 포함되어 있다. 크롬 금속은 1798년에 처음으로 크로마이트 광석에서 분리되었다. 크로마이트 광석의 채굴은 주로 남아프리카, 카자흐스탄, 인도, 터키에서 이루어지며, 이들 국가는 전 세계 크롬 자원의 95%를 차지한다. 중국은 주요 크롬 소비국이자 페로크롬 생산국이며, 주요 스테인리스강 생산국이다. 미국은 매년 전 세계 크로마이트 광석 생산량의 약 5%를 소비한다. 2014년 전 세계 크로마이트 광석 생산량은 2,900만 톤이었다.

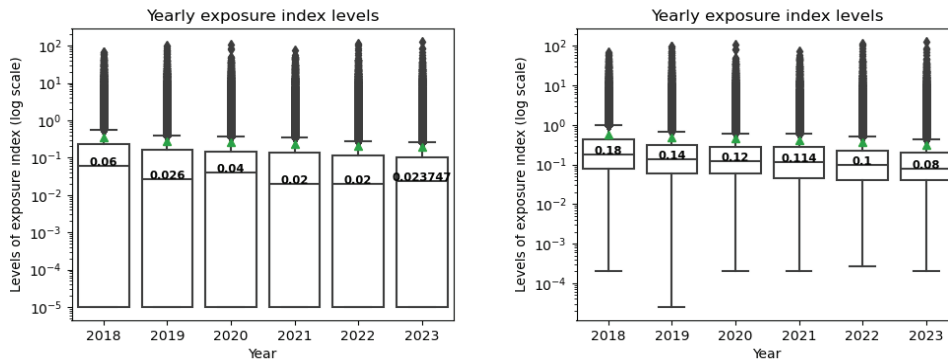
대부분의 Cr(III) 및 Cr(VI) 화합물은 크로메이트 나트륨 또는 이크로메이트 나트륨으로부터 생산된다. 예를 들어, 일반적으로 무두질에 사용되는 Cr(III) 화합물인 염기성 크롬 황산염[(OH)Cr(SO₄)]은 유기 화합물(예: 당밀)과 황산 존재 하에서 이크로메이트 나트륨을 환원시키거나 이산화황으로 이크로메이트 나트륨을 환원시켜 상업적으로 생산된다. 흔히 안료로 사용되는 Cr(VI) 화합물인 크로메이트 납은 크로메이트 나트륨과 질산납의 반응 또는 크로믹산 용액과 납 일산화물의 반응으로 생산된다.

크롬 및 무기 화합물에 대한 입자 크기 선택적 샘플링 데이터는 매우 제한적이며, "흡입성" 및 "총" 에어로졸 샘플의 병행 비교는 부족하다. 이 문서에서는 크롬 화합물이 상부 및 하부 호흡기 자극을 모두 유발하기 때문에 TLV 값을 "흡입성"로 표현했다. "총 에어로졸"의 이전 측정을 흡입 가능 입자 물질로 변환하기 위한 충분한 데이터가 없는 경우, 1.0의 비율이 가정되었다. 이는 흙 및 기타 미세 에어로졸에는 적합하지만, 입자 크기가 10 μm보다 큰 환경에서는 지나치게 보수적일 수 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 440,677건이며, 물질명 오류 23건, 횡수조정 103건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 504건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $0.33 \text{ mg/m}^3 \sim 0.5 \text{ mg/m}^3$) 자료 368건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 439,679건이었으며, 불검출 값은 187,520건(42.67%)이었다.

크롬의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 산술평균 노출수준은 노출기준의 0.24%였으며, 기하평균은 0.0023% 였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 값이 3년간 있었으나, 95% tile의 평균은 0.83%로 낮은 수준이었다.



[그림 III-33] 크롬의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.02% 미만이었고, 95% tile은 최대 5.16%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 4개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 0.72% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었다. 15개 업종 모두 기하평균 노출지수는 0.1~1% 범위에 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 6.13% 였고, 15개 업종 모두 1~10% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 4.79~13.65이었다. 주요 등급은 4등급 12개 업종, 3등급 2개 업종, 2등급 1개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 모두 1등급이었다.

〈표 III-179〉 크롬의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	58936	23629	40.1	0.35	1.56	0.0038	138.29	0.0600	0.0000	67.88	1.32
2019	70046	31033	44.3	0.28	1.55	0.0021	127.91	0.0260	0.0000	98.28	0.96
2020	70894	30277	42.7	0.26	1.37	0.0024	122.63	0.0400	0.0000	106.63	0.90
2021	69359	30507	44.0	0.23	1.26	0.0020	116.13	0.0200	0.0000	75.33	0.78
2022	82016	36843	44.9	0.20	1.36	0.0017	108.82	0.0200	0.0000	115.99	0.64
2023	88428	35231	39.8	0.19	1.20	0.0025	96.76	0.0237	0.0000	127.33	0.60
합계	439679	187520	42.6	0.24	1.38	0.0023	116.88	0.0250	0.0000	127.33	0.83

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-180〉 크롬의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	강선 건조업	2596	76573	55.5	65896	33336	0.18	1.29	0.0016	119.36	0.0320	0.0000	101.2	0.61	4.2842
2	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	241.0	46374	29269	0.21	1.01	0.0064	79.13	0.0400	0.0000	109.5	0.94	8.5443
3	기타 선박 건조업	560	6397	32.5	43560	24255	0.09	0.43	0.0002	81.71	0.0000	0.0000	34.7	0.50	0.3183
4	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	645.0	17233	16504	0.37	1.84	0.0035	137.35	0.0447	0.0000	127.3	1.39	11.4912
5	자동차 종합 수리업	7841	46581	730.2	10446	12008	0.13	0.21	0.0068	80.59	0.0680	0.0000	6.7	0.49	9.3309
6	도금업	2108	23683	464.2	6823	11131	0.25	1.10	0.0059	93.47	0.0600	0.0000	44.5	0.88	10.3485
7	그 외 자동차용 부품 부품 제조업	4427	71377	318.5	35004	10847	0.40	1.92	0.0056	119.61	0.0600	0.0000	106.6	1.59	14.7116
8	그 외 기타 금속 가공업	11894	57148	447.3	8639	10784	0.46	2.13	0.0031	154.91	0.0400	0.0000	84.2	1.80	12.3930
9	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	25.2	11362	10571	0.21	0.62	0.0114	74.62	0.0800	0.0000	27.0	0.74	13.7883
10	제강업	106	24410	59.5	20328	10553	0.07	0.63	0.0007	63.89	0.0036	0.0000	39.4	0.24	0.6353
11	자동차 차체용 부품 부품 제조업	4296	149959	177.3	30259	7582	0.31	1.10	0.0059	111.18	0.0645	0.0000	30.3	1.22	13.6380
12	제철업	21	756	9.7	27664	7541	0.12	0.36	0.0094	50.54	0.0632	0.0000	11.7	0.33	5.9605
13	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	30.0	10305	7176	0.03	0.53	0.0000	9.68	0.0000	0.0000	29.8	0.03	0.0008
14	강 주물 주조업	378	4730	120.7	4223	6947	1.05	3.12	0.0125	170.72	0.1282	0.0000	57.4	5.16	58.5769
15	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7091	46930	269.7	6432	6682	0.32	1.36	0.0031	133.54	0.0400	0.0000	58.0	1.22	9.7448

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-181〉 크롬의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	공영 우편업	951	9655	0.2	59	1	0.72		0.72	1.00	0.72	0.7240	0.7	0.72	0.7
2	플라스틱 정착처리 제품 제조업	113	712	0.3	14	3	0.81	0.61	0.54	2.91	1.00	0.1200	1.3	1.27	3.1
3	기타 도시 정기 육상 여객 운송업	271	5201	0.2	79	3	0.51	0.09	0.50	1.17	0.54	0.4080	0.6	0.58	0.6
4	경비 및 경호 서비스업	10378	95898	0.2	4	2	0.50		0.50	1.00	0.50	0.5000	0.5	0.50	0.5
5	철 광업	6	166	0.2	16	1	0.28		0.28	1.00	0.28	0.2800	0.3	0.28	0.3
6	기타 사행시설 관리 및 운영업	25	7850	0.2	617	2	0.20	0.06	0.20	1.22	0.20	0.1600	0.2	0.24	0.3
7	전투용 차량 제조업	6	727	1.0	615	48	0.38	0.74	0.19	2.44	0.16	0.0600	3.4	2.11	0.8
8	기타 비전기식 생활용 기기 및 기구 도매업	669	3548	0.7	5	6	0.22	0.23	0.17	1.91	0.13	0.1040	0.7	0.55	0.5
9	고용 알선업	4000	26256	0.2	1	2	0.19	0.16	0.15	1.94	0.19	0.0800	0.3	0.29	0.5
10	유리 및 창호 도매업	974	2479	1.0	20	29	0.39	0.72	0.15	8.10	0.16	0.0000	3.9	1.06	4.5
11	기타 산업용 농산물 도매업	1334	8643	1.7	176	34	0.55	0.81	0.13	23.74	0.33	0.0000	4.6	1.31	23.9
12	슈퍼마켓	10293	64045	0.2	32	2	0.12	0.08	0.10	1.73	0.12	0.0600	0.2	0.17	0.3
13	금속류 해체 및 선별업	289	920	0.7	2	15	0.11	0.04	0.10	1.47	0.10	0.0400	0.2	0.18	0.2
14	가방 및 기타 보호용 케이스 제조업	739	3053	1.7	12	28	0.53	0.62	0.10	30.57	0.24	0.0000	2.2	1.56	27.7
15	플라스틱 물질 및 합성고구 도매업	1972	5359	1.5	137	26	0.15	0.13	0.10	2.59	0.13	0.0160	0.5	0.46	0.5

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-182〉 크롬의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	기타 비철금속 주조업	378	3387	37.8	973	1466	1.40	4.32	0.02	148.58	0.15	0.0000	48.4	6.13	76.8
2	강관 제조업	161	3353	39.0	1976	1189	1.13	4.30	0.01	141.82	0.07	0.0000	46.7	5.64	31.5
3	강 주물 주조업	378	4730	120.7	4223	6947	1.05	3.12	0.01	170.72	0.13	0.0000	57.4	5.16	58.6
4	운동 및 경기용품 도매업	1993	7645	0.8	64	16	1.09	3.40	0.00	138.00	0.00	0.0000	13.6	5.03	0.4
5	일반 저울 제조업	58	650	1.3	6	25	1.04	1.45	0.02	217.85	0.52	0.0000	4.7	4.50	165.8
6	펄프 및 종이 가공용 기계 제조업	108	959	12.3	221	286	0.86	3.16	0.00	197.41	0.06	0.0000	41.1	4.15	27.5
7	주방용 전기 기기 제조업	445	4477	16.5	906	417	0.91	3.26	0.02	127.47	0.17	0.0000	42.7	4.15	54.1
8	디스플레이 제조용 기계 제조업	149	2263	3.2	104	104	0.88	2.37	0.03	108.57	0.23	0.0000	20.4	4.03	68.5
9	그 외 기타 가구 제조업	511	3387	9.2	213	218	0.53	1.42	0.01	113.17	0.06	0.0000	10.8	3.94	21.2
10	수동식 식품 가공 기기 및 금속 주방용기 제조업	618	4435	68.2	1700	1476	0.97	4.01	0.04	86.61	0.18	0.0000	86.5	3.82	54.7
11	가정용 전기 난방기기 제조업	294	1202	2.8	145	42	0.65	1.42	0.02	108.85	0.13	0.0000	7.0	3.71	44.0
12	육탕업	1930	8020	1.0	30	11	0.70	1.86	0.00	222.20	0.00	0.0000	6.2	3.54	8.8
13	산업 생산시설 종합 건설업	4532	47658	58.5	18885	2627	0.49	1.87	0.00	150.92	0.03	0.0000	43.0	3.04	10.2
14	기타 산업 회사본부	2762	21767	0.8	15	12	0.56	1.90	0.00	116.17	0.00	0.0000	6.6	3.01	0.6
15	사무용 기계 및 장비 제조업	287	4301	4.0	133	104	0.98	3.77	0.07	41.72	0.18	0.0000	37.3	2.81	34.2

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-183〉 크롬의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	730.2	10,446	12008	0.13	0.0068	0.0680	0.5	1	2
2	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21,784	120,380	645.0	17,233	16504	0.37	0.0035	0.0447	1.4	1	4
3	그 외 기타 금속 가공업	11,894	57,148	447.3	8,639	10784	0.46	0.0031	0.0400	1.8	1	4
4	도금업	2,108	23,683	464.2	6,823	11131	0.25	0.0059	0.0600	0.9	1	4
5	강 주물 주조업	378	4,730	120.7	4,223	6947	1.05	0.0125	0.1282	5.2	1	4
6	기타 비철금속 주조업	378	3,387	37.8	973	1466	1.40	0.0205	0.1500	6.1	1	4
7	강관 제조업	161	3,353	39.0	1,976	1189	1.13	0.0091	0.0700	5.6	1	4
8	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	318.5	35,004	10847	0.40	0.0056	0.0600	1.6	1	4
9	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7,091	46,930	269.7	6,432	6682	0.32	0.0031	0.0400	1.2	1	4
10	운동 및 경기용품 도매업	1,993	7,645	0.8	64	16	1.09	0.0001	0.0000	5.0	1	3
11	수동식 식품 가공 기기 및 금속 주방용기 제조업	618	4,435	68.2	1,700	1476	0.97	0.0356	0.1800	3.8	1	4
12	일반 저울 제조업	58	650	1.3	6	25	1.04	0.0236	0.5200	4.5	1	3
13	기타 구조용 금속제품 제조업	5,913	37,308	213.3	5,555	6081	0.37	0.0039	0.0475	1.4	1	4
14	선박 구성 부분품 제조업	3,256	52,409	241.0	46,374	29269	0.21	0.0064	0.0400	0.9	1	4
15	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	228.3	22,108	5889	0.30	0.0026	0.0200	1.1	1	4

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

31) 불화수소

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

1차 자극 물질인 불화수소(HF)의 직업적 노출기준으로 TWA 0.5 ppm(as F)이 권장된다. 이 값은 호흡기계에 대한 부작용, 피부나 골격의 플루오로시스, 그리고 눈과 피부의 자극 가능성을 최소화하기 위해 설정되었다. 불화수소는 기체 상태에서 심각한 호흡기 자극제이며, 용액 상태에서는 피부와 눈에 심각하고 고통스러운 화상을 일으킨다. 염화수소(HCl)와 브롬화수소(HBr)와 유사하게, 불화수소 증기의 부식성 특성에 대한 우려로 인해 2 ppm의 천장값(ceiling)도 권장된다. 불화수소의 부식성과 피부 침투 특성에 대한 우려로 인해 피부 노출(Skin) 표시가 지정되었다. 충분한 데이터가 없어서 감작성 및 발암성 표시를 지정하지 않는다. 불화수소는 생물학적 노출 지표가 권장된 물질이다.

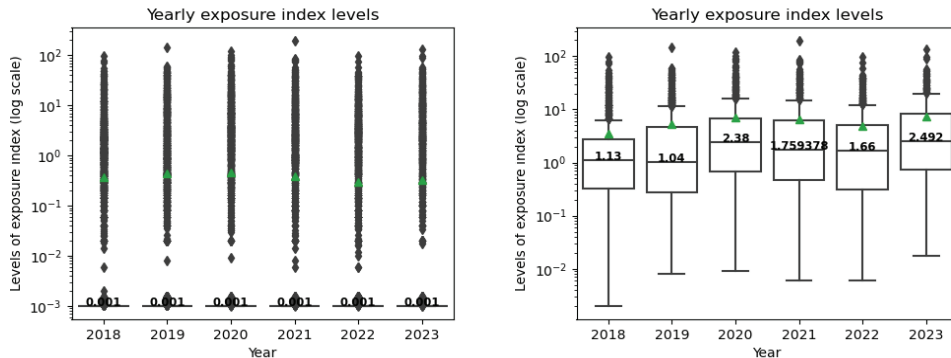
무수 불화수소는 다양한 화학 합성 반응에서 촉매로 사용되며, 불소 및 불화알루미늄 생산에서의 플루오린화제, 그리고 우라늄 정제에 사용된다. 불산은 유리 에칭, 스테인리스강의 산세척, 휘발유 및 알루미늄 생산, 그리고 유정 작업 중 pH 조절에 사용된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 121,079건이며, 물질명 오류 8건, 횡수조정 16건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 11건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.33 ppm~0.5 ppm, Ceiling: 3 ppm) 자료 90건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 120,954건이었으며, TWA 평가자료 62,138건, Ceiling 평가자료 58,816건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 57,965건(93.3%)이었고, Ceiling 자료에서 55,902건(95.0%)이었다.

불화수소 TWA 측정건은 증가하고 있었으며, 산술평균 노출지수는 0.38%,

기하평균 기하평균 노출지수는 0.0017% 였다. 최대값은 195%였으나, 95% 상위 노출지수는 평균 0.42% 였다.



[그림 III-34] 불화수소(TWA)의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

불화수소 TWA 측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.01% 미만이었고, 95% tile은 최대 7.54%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 1.73% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 6개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 0.1~1% 범위에는 4개 업종이 해당하였고, 나머지는 0.1% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 54.44% 였고, 나머지 14개 업종은 10~50% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 2.06~15.00 이었다. 주요 등급은 4등급 4개 업종, 3등급 7개 업종, 2등급 4개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 1개, 2등급 9개, 1등급 5개 업종이었다.

〈표 III-184〉 불화수소(TWA)의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	7969	7106	89.2	0.38	2.83	0.0022	9.04	0.0010	0.0010	97.22	1.26
2019	9441	8670	91.8	0.44	3.47	0.0018	7.36	0.0010	0.0010	145.12	0.59
2020	9864	9209	93.4	0.46	3.80	0.0017	6.99	0.0010	0.0010	120.22	0.65
2021	10309	9705	94.1	0.38	3.73	0.0016	5.93	0.0010	0.0010	195.26	0.18
2022	10562	9933	94.0	0.29	2.51	0.0016	5.72	0.0010	0.0010	98.16	0.12
2023	11071	10583	95.6	0.32	3.05	0.0014	5.03	0.0010	0.0010	132.64	0.00
합계	59216	55206	93.2	0.38	3.27	0.0017	6.52	0.0010	0.0010	195.26	0.42

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-185〉 불화수소(TWA)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	53.5	171684	18174	0.11	1.71	0.0012	3.15	0.0010	0.0010	98.1
2	도금업	2108	23683	260.2	3426	6111	0.55	2.99	0.0025	11.03	0.0010	0.0010	58.7
3	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	28.8	35088	3051	0.05	0.74	0.0011	2.19	0.0010	0.0010	17.6
4	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	51.7	7758	2381	0.39	3.00	0.0019	6.97	0.0010	0.0010	58.4
5	반도체 제조용 기계 제조업	3408	35358	52.0	8036	2223	0.25	2.68	0.0014	4.45	0.0010	0.0010	49.4
6	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	29.8	4018	2092	0.04	0.49	0.0011	2.13	0.0010	0.0010	13.8
7	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	45.3	24550	1984	0.27	2.00	0.0016	6.10	0.0010	0.0010	49.4
8	기타 공학 연구개발업	1395	37470	28.5	17722	1079	0.32	2.09	0.0017	6.67	0.0010	0.0010	34.0
9	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46660	6.0	28538	875	0.13	1.02	0.0015	4.93	0.0010	0.0010	21.8
10	화장품 제조업	1674	31472	21.8	5749	665	0.33	2.78	0.0016	5.75	0.0010	0.0010	46.4
11	액정 표시장치 제조업	183	9944	6.5	22036	654	1.11	3.72	0.0067	25.66	0.0013	0.0010	35.4
12	그 외 기타 건축 마무리 공사업	2758	12624	4.2	1062	648	0.00		0.0010	1.00	0.0010	0.0010	0.0
13	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	10.5	7043	642	0.58	3.44	0.0029	12.89	0.0010	0.0010	42.3
14	도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업	76	1882	24.0	614	641	0.85	3.61	0.0033	16.09	0.0010	0.0010	34.6
15	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	9.3	977	625	0.85	5.10	0.0018	7.87	0.0010	0.0010	43.6

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-186〉 불화수소(TWA)의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	방사선 장치 제조업	98	2050	0.2	6	2	1.73	0.16	1.73	1.07	1.73	1.6200	1.8	1.83	1.9
2	자동차용 금속 압형제품 제조업	145	784	0.3	7	3	0.77	0.25	0.74	1.36	0.90	0.4773	0.9	0.93	1.2
3	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업	252	4551	0.3	17	4	5.92	6.52	0.58	45.50	5.15	0.0010	13.4	12.78	311.2
4	비금속류 원료 재생업	783	5581	0.3	1	9	3.55	2.68	0.30	57.06	5.04	0.0010	6.1	5.80	235.9
5	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	743	4960	0.5	209	113	3.73	6.74	0.11	56.36	0.48	0.0010	45.5	17.31	80.9
6	판유리 제조업	285	5543	0.7	28	10	9.01	16.10	0.05	106.77	0.00	0.0010	39.6	38.97	98.8
7	철삭 가공 및 유사 처리업	1829	9163	1.8	474	55	3.61	6.03	0.04	76.14	0.00	0.0010	27.3	15.70	55.7
8	원유 정제처리업	47	5043	0.8	483	12	3.75	5.66	0.04	81.94	0.00	0.0010	14.5	14.37	56.9
9	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀 기기 제조업	631	8365	0.3	76	11	0.36	0.38	0.03	25.08	0.38	0.0010	0.9	0.83	6.8
10	보건 및 복지 행정	298	3290	1.5	186	50	1.27	3.90	0.03	36.67	0.00	0.0010	26.6	4.40	10.7
11	강관 제조업	161	3353	1.5	147	45	2.29	4.75	0.03	50.15	0.00	0.0010	21.4	13.14	17.5
12	전문대학	125	15543	0.2	1	2	0.29	0.41	0.02	24.21	0.29	0.0010	0.6	0.56	4.6
13	인삼식품 제조업	187	2425	0.2	23	2	0.20	0.28	0.02	20.00	0.20	0.0010	0.4	0.38	2.8
14	유선 통신장비 제조업	760	9962	1.0	116	24	2.15	4.42	0.02	56.97	0.00	0.0010	20.0	6.54	13.3
15	의학 및 약학 연구개발업	1524	14901	1.2	186	38	2.57	7.77	0.02	45.26	0.00	0.0010	42.7	11.39	8.6

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-187〉 불화수소(TWA)의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	기타 선박 건조업	560	6397	0.5	11684	9	11.84	23.67	0.01	92.06	0.00	0.0010	59.1	54.44	19.1
2	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7091	46930	7.0	323	111	5.95	17.69	0.01	42.58	0.00	0.0010	88.2	39.20	3.0
3	판유리 제조업	285	5543	0.7	28	10	9.01	16.10	0.05	106.77	0.00	0.0010	39.6	38.97	98.8
4	육상 금속 골조 구조재 제조업	3602	25631	1.8	131	40	5.42	13.27	0.01	47.61	0.00	0.0010	46.9	36.94	5.7
5	산업용 가스 제조업	192	4418	6.5	1077	622	5.00	17.62	0.01	40.07	0.00	0.0010	195.3	31.67	2.5
6	일반용 전기 조명장치 제조업	1418	6953	0.8	83	12	4.91	11.48	0.01	46.26	0.00	0.0010	31.0	29.27	3.0
7	종합병원	188	39908	0.5	889	6	5.74	14.05	0.01	49.06	0.00	0.0010	34.4	25.82	3.4
8	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8066	57750	0.7	44	12	3.97	9.46	0.01	42.51	0.00	0.0010	28.2	23.36	2.6
9	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	743	4960	0.5	209	113	3.73	6.74	0.11	56.36	0.48	0.0010	45.5	17.31	80.9
10	철삭 가공 및 유사 처리업	1829	9163	1.8	474	55	3.61	6.03	0.04	76.14	0.00	0.0010	27.3	15.70	55.7
11	원유 정제처리업	47	5043	0.8	483	12	3.75	5.66	0.04	81.94	0.00	0.0010	14.5	14.37	56.9
12	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1535	27006	3.8	653	70	1.26	4.10	0.00	19.41	0.00	0.0010	18.5	13.61	0.5
13	강관 제조업	161	3353	1.5	147	45	2.29	4.75	0.03	50.15	0.00	0.0010	21.4	13.14	17.5
14	그 외 금속 파스너 및 나사제품 제조업	1266	12974	1.3	259	26	2.17	5.94	0.01	38.95	0.00	0.0010	26.7	12.94	3.3
15	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업	252	4551	0.3	17	4	5.92	6.52	0.58	45.50	5.15	0.0010	13.4	12.78	311.2

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-188〉 불화수소(TWA)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	도금업	2,108	23,683	260.2	3,426	6111	0.55	0.0025	0.0010	2.4	1	4
2	기타 선박 건조업	560	6,397	0.5	11,684	9	11.84	0.0112	0.0010	54.4	3	3
3	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7,091	46,930	7.0	323	111	5.95	0.0062	0.0010	39.2	2	4
4	판유리 제조업	285	5,543	0.7	28	10	9.01	0.0455	0.0012	39.0	2	3
5	육상 금속 골조 구조재 제조업	3,602	25,631	1.8	131	40	5.42	0.0099	0.0011	36.9	2	3
6	산업용 가스 제조업	192	4,418	6.5	1,077	622	5.00	0.0057	0.0010	31.7	2	4
7	일반용 전기 조명장치 제조업	1,418	6,953	0.8	83	12	4.91	0.0056	0.0010	29.3	2	3
8	종합병원	188	39,908	0.5	889	6	5.74	0.0057	0.0010	25.8	2	3
9	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	34.2	649	603	2.52	0.0061	0.0010	11.0	2	4
10	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8,066	57,750	0.7	44	12	3.97	0.0053	0.0010	23.4	2	3
11	기타 반도체 소자 제조업	867	67,811	53.5	171,684	18174	0.11	0.0012	0.0010	0.0	1	2
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	51.7	7,758	2381	0.39	0.0019	0.0010	0.6	1	2
13	반도체 제조용 기계 제조업	3,408	35,358	52.0	8,036	2223	0.25	0.0014	0.0010	0.0	1	2
14	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	45.3	24,550	1984	0.27	0.0016	0.0010	0.3	1	2
15	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	743	4,960	0.5	209	113	3.73	0.1066	0.4800	17.3	2	3

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

연도별 불화수소 Ceiling 측정건은 증가하고 있었으며, 산술평균 노출지수는 0.44%, 기하평균 기하평균 노출지수는 0.0005% 였다. 최대값은 192.63%였으나, 95% 상위 노출지수는 평균 0.01% 미만이었다.

불화수소 Ceiling 측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.01% 미만이었고, 95% tile은 최대 48.38%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 1개 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 2.34~14.59 이었다. 주요 등급은 4등급 1개 업종, 3등급 11개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 12개, 1등급 3개 업종이었다.

〈표 III-189〉 불화수소(Ceiling)의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	8132	7489	92.1	0.47	3.88	0.0007	10.92	0.0003	0.0003	192.63	1.29
2019	9619	8943	93.0	0.43	3.35	0.0006	9.66	0.0003	0.0003	87.36	0.89
2020	10279	9791	95.3	0.47	4.53	0.0005	7.28	0.0003	0.0003	180.27	0.00
2021	11105	10570	95.2	0.65	6.03	0.0005	7.35	0.0003	0.0003	167.89	0.00
2022	11098	10677	96.2	0.31	2.60	0.0005	5.73	0.0003	0.0003	62.76	0.00
2023	11505	11191	97.3	0.33	2.96	0.0004	4.93	0.0003	0.0003	87.51	0.00
합계	61738	58661	95.0	0.44	4.07	0.0005	7.33	0.0003	0.0003	192.63	0.00

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-190〉 불화수소(Ceiling)의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
													X _{0.95}
1	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	50.8	137599	17990	0.10	1.47	0.0004	3.40	0.0003	0.0003	73.9
2	도금업	2108	23683	254.5	3352	6722	0.49	3.32	0.0006	10.02	0.0003	0.0003	73.5
3	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	28.5	35135	3225	0.04	1.17	0.0003	1.72	0.0003	0.0003	40.9
4	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	49.8	7647	2497	0.68	3.63	0.0006	11.19	0.0003	0.0003	39.7
5	반도체 제조용 기계 제조업	3408	35358	50.8	7963	2405	0.31	3.13	0.0004	4.72	0.0003	0.0003	48.6
6	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	44.8	24844	2158	0.38	3.03	0.0005	6.98	0.0003	0.0003	48.5
7	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	29.5	3794	2082	0.04	0.70	0.0004	2.17	0.0003	0.0003	29.3
8	기타 공학 연구개발업	1395	37470	26.3	11672	1090	0.63	4.42	0.0006	9.00	0.0003	0.0003	52.9
9	도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업	76	1882	23.2	633	873	0.63	2.96	0.0009	17.64	0.0003	0.0003	30.4
10	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46660	6.0	28506	870	0.03	0.29	0.0004	3.48	0.0003	0.0003	4.5
11	액정 표시장치 제조업	183	9944	6.5	21758	832	2.41	7.87	0.0024	52.00	0.0003	0.0003	87.4
12	산업용 가스 제조업	192	4418	6.2	1066	699	7.03	25.87	0.0013	43.43	0.0003	0.0003	192.6
13	화장품 제조업	1674	31472	20.3	5043	672	0.25	2.08	0.0005	6.85	0.0003	0.0003	27.7
14	그 외 기타 건축 마무리 공사업	2758	12624	4.2	1056	646	0.00		0.0003	1.00	0.0003	0.0003	0.0
15	석탄·화학계 화합물 및 기타 기초 유기·화학 물질 제조업	245	8682	10.5	7369	639	1.19	5.39	0.0011	23.34	0.0003	0.0003	49.4

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-191〉 불화수소(Ceiling)의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	도금업	2,108	23,683	254.5	3,352	6722	0.49	0.0006	0.0003	1.1	2	14.59
2	산업용 가스 제조업	192	4,418	6.2	1,066	699	7.03	0.0013	0.0003	48.4	2	6.04
3	원유 정제처리업	47	5,043	0.8	483	12	12.82	0.0353	0.0003	45.5	2	5.35
4	그 외 기타 콘크리트 제품 및 유사 제품 제조업	302	2,930	1.7	32	31	5.39	0.0034	0.0003	39.6	2	4.61
5	철삭 가공 및 유사 처리업	1,829	9,163	1.8	473	67	6.34	0.0077	0.0003	36.7	2	4.25
6	유인 항공기, 항공 우주선 및 보조장치 제조업	56	1,232	0.7	2,969	26	5.33	0.0217	0.0003	33.1	2	3.70
7	구름베어링 제조업	311	6,614	1.0	58	18	3.71	0.0040	0.0003	31.3	2	3.49
8	강관 제조업	161	3,353	1.3	128	37	3.23	0.0028	0.0003	26.6	2	3.289
9	육상 금속 골조 구조재 제조업	3,602	25,631	1.8	133	40	2.72	0.0039	0.0003	26.3	2	3.288
10	전문대학	125	15,543	0.2	1	2	19.38	17.6315	19.3798	26.6	2	3.283
11	판유리 제조업	285	5,543	0.7	28	10	4.95	0.0065	0.0003	25.9	2	3.276
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	49.8	7,647	2497	0.68	0.0006	0.0003	1.4	1	2.246
13	기타 산업용 유리제품 제조업	202	2,902	2.8	325	52	2.37	0.0015	0.0003	22.4	2	3.243
14	기타 선박 건조업	560	6,397	0.5	11,684	9	5.08	0.0040	0.0003	23.4	2	3.242
15	기타 반도체 소자 제조업	867	67,811	50.8	137,599	17990	0.10	0.0004	0.0003	0.0	1	2.234

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

32) 염화수소

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ILO-WHO 화학물질안전카드)

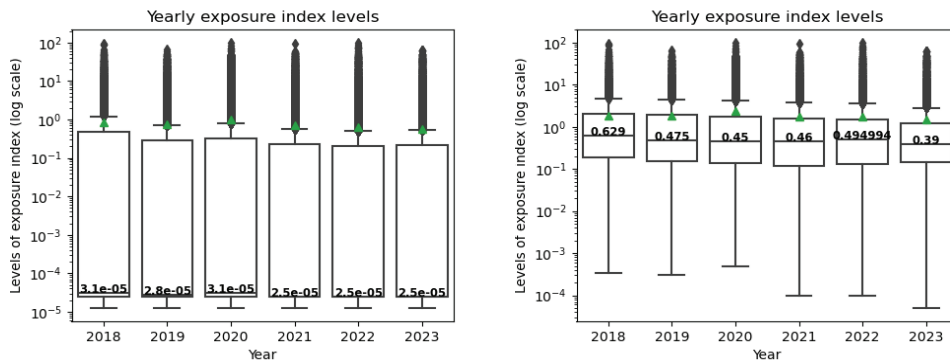
염화수소는 쏘는 냄새가 나는 무색의 기체이고, 공기보다 무거워서 아래쪽에 모여서 산소 결핍을 발생시킬 수 있다. 수용액은 강산이며, 염기와 맹렬히 반응하고 부식성을 가진다. 산화제와 격렬하게 반응하고, 독성가스(염소)를 만들어 낸다. 물이 존재하는 경우 다수의 금속을 침식하며, 인화성 및 폭발성 가스를 만들어 낸다. 노출 경로와 무관하게 심각한 국소 효과를 발생시키며, 흡입으로 신체에 흡수될 수 있다. 단기 노출에 의한 영향으로, 액체가 급격하게 증발하면서 동상을 유발할 수 있고, 눈, 피부 및 기도에 부식성이 있다. 가스 흡입시 천식 유사반응을 유발할 수 있다. 노출되면 후두부 부기로 인한 질식을 일으킬 수 있고, 고농도 흡입시 폐부종을 유발할 수 있으나, 폐부종 발생 전 먼저 눈, 상기도에 부식성 증상이 나타난다. 높은 농도 흡입시 폐렴을 유발할 수 있다. 반복적 또는 장기간 흡입 시 치아에 영향(치아 침식)을 줄 수 있고, 상기도 및 폐에 영향을 줄 수 있다. 기도 만성 염증과 폐기능 감소를 유발할 수 있다. IARC는 강한 무기산의 미스트가 발암성인 것으로 간주(그룹 1)하나, 염화수소의 다른 물리적 형태의 발암성에 대한 정보는 없다. 따라서, GHS에 따른 발암성 분류는 적용되지 않았다. 노출기준은 ACGIH STEL 2 ppm, 국내는 TWA 1 ppm 및 STEL 2 ppm으로 설정되어 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 196,543건이며, 물질명 오류 16건, 횡수조정 25건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 412건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.66 ppm~1 ppm, STEL 2 ppm) 자료 246건은 삭제하였다. 총 유효자료 수는 195,844건이었으며, TWA 평가자료 195,218건, STEL 평가자료 626건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 116,780건(59.8%)이었고, STEL

자료에서 420건(67.1%)이었다.

염화수소의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 산술평균 노출지수는 0.74%였으며, 기하평균 노출지수는 0.0013% 였다. 최대 노출지수는 98.69% 였으며, 95% 상위 노출지수는 3.44% 수준이었다.



[그림 III-35] 염화수소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수는 0.02% 미만이었고, 95% tile은 최대 7.9%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 29.06% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 12개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위에는 2개 업종이 해당하였고 나머지는 1% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 33.32% 였고, 15개 업종 모두 10~50% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 2.94~22.79 이었다. 주요 등급은 4등급 5개 업종, 3등급 9개 업종, 2등급 1개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 10개, 1등급 5개 업종이었다.

〈표 III-192〉 영화수소의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	28258	15517	54.9	0.85	2.98	0.0024	164.89	0.0000	0.0000	93.39	4.06
2019	30587	18191	59.5	0.76	2.82	0.0014	143.91	0.0000	0.0000	64.91	3.92
2020	31923	18238	57.1	1.01	4.09	0.0018	150.77	0.0000	0.0000	96.84	4.50
2021	32708	19833	60.6	0.70	2.93	0.0012	129.75	0.0000	0.0000	94.80	3.25
2022	35463	22399	63.2	0.64	2.92	0.0009	122.91	0.0000	0.0000	98.69	2.84
2023	36905	23022	62.4	0.55	2.59	0.0010	118.54	0.0000	0.0000	63.40	2.28
합계	195844	117200	59.8	0.74	3.09	0.0013	137.82	0.0000	0.0000	98.69	3.44

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-193〉 연화수소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	도금업	2108	23683	973.3	12459	23517	1.96	4.77	0.0188	211.71	0.2612	0.0000	90.6	7.90	126.1155
2	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	57.0	170713	10864	0.15	1.20	0.0003	52.35	0.0000	0.0000	70.6	0.52	0.2239
3	완제 의약품 제조업	305	37002	153.0	23878	8056	0.41	2.12	0.0008	107.93	0.0000	0.0000	93.4	1.73	1.8033
4	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	203.8	17026	7299	0.75	2.91	0.0016	146.14	0.0000	0.0000	54.3	3.42	5.9992
5	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	142.5	47555	6918	0.59	2.53	0.0010	120.41	0.0000	0.0000	63.4	2.66	2.6279
6	인쇄회로기판용 적층판 제조업	1646	29900	114.8	17248	5888	0.85	3.23	0.0019	153.34	0.0000	0.0000	50.1	3.64	7.5174
7	종합병원	188	39908	123.3	147226	4532	0.41	2.07	0.0006	99.86	0.0000	0.0000	48.4	1.63	1.2606
8	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	210	15108	57.8	7009	3998	0.33	1.40	0.0009	103.19	0.0000	0.0000	40.5	1.45	1.8364
9	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	81.7	5912	3311	0.65	3.46	0.0007	114.81	0.0000	0.0000	94.8	2.49	1.5964
10	기타 공학 연구개발업	1395	37470	55.3	25524	3180	0.94	3.21	0.0010	153.37	0.0000	0.0000	44.3	5.78	3.8767
11	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	40.7	10901	3173	0.60	2.24	0.0006	110.22	0.0000	0.0000	35.7	3.76	1.4318
12	의학 및 약학 연구개발업	1524	14901	62.8	5113	3115	0.48	2.49	0.0009	106.03	0.0000	0.0000	49.0	1.74	1.8561
13	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	58.8	11731	2990	0.41	1.53	0.0008	112.90	0.0000	0.0000	44.1	2.09	1.8933
14	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	70.8	37108	2953	0.20	0.92	0.0003	64.05	0.0000	0.0000	17.5	0.83	0.2872
15	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	51.2	11399	2904	0.65	3.15	0.0005	108.25	0.0000	0.0000	55.4	2.92	1.2127

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-194〉 영화수소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)						
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	기타 섬유, 의복 및 가죽 기공기계 제조업	459	2372	0.2	3	2	29.18	3.69	29.06	1.09	29.18	26.5668	31.8	31.53
2	기타 특성화 고등학교	19	157	0.2	5	4	3.50	1.79	3.09	1.70	3.62	1.3600	5.4	5.26
3	기타 광학 기기 제조업	380	4791	0.2	12	4	2.26	1.59	1.93	1.70	1.64	1.1375	4.6	4.19
4	금속 성형기계 제조업	610	4006	0.3	2	2	0.86	0.12	0.85	1.11	0.86	0.7678	0.9	0.93
5	재생 섬유 제조업	18	163	0.2	2	2	0.51	0.04	0.51	1.06	0.51	0.4800	0.5	0.54
6	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	505	3159	0.7	28	14	0.65	0.80	0.39	2.74	0.34	0.0500	2.6	2.43
7	단추 및 유사 파스너 제조업	350	1894	1.5	14	13	2.26	3.35	0.34	26.92	1.06	0.0000	12.0	7.71
8	기타 식료품 소매업	3443	10825	0.2	11	1	0.34		0.34	1.00	0.34	0.3400	0.3	0.34
9	지반조성 건설업	880	3485	0.3	16	4	0.36	0.16	0.32	1.55	0.36	0.1700	0.5	0.52
10	전구 및 램프 제조업	520	5533	0.3	98	2	0.31	0.01	0.30	1.02	0.31	0.3000	0.3	0.31
11	분사기 및 소화기 제조업	285	2677	0.3	46	6	1.42	1.39	0.24	56.11	1.18	0.0000	4.1	3.39
12	인테리어 디자인업	1607	4768	0.2	1	2	0.23	0.01	0.23	1.04	0.23	0.2200	0.2	0.24
13	주거용 건물 임대업	2631	5064	0.2	18	1	0.21		0.21	1.00	0.21	0.2100	0.2	0.21
14	수송용 운송장비 도매업	318	1093	0.2	1	2	0.20	0.01	0.20	1.05	0.20	0.1900	0.2	0.21
15	그 외 기타 분류 안된 오락관련 서비스업	1879	7355	0.5	1260	24	1.64	2.46	0.19	39.51	0.54	0.0000	8.0	7.15

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-195〉 영화수소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수										
1	면 방직업	48	1836	0.7	178	8	6.96	16.40	0.01	387.21	0.13	0.0000	47.0	33.32	144.2
2	시스템 소프트웨어 개발 및 공급업	15429	263284	2.3	510	60	3.12	9.62	0.00	237.48	0.00	0.0000	44.7	31.66	33.7
3	기타 섬유, 의복 및 가죽 가공기계 제조업	459	2372	0.2	3	2	29.18	3.69	29.06	1.09	29.18	26.5668	31.8	31.53	33.7
4	1차 금속제품 도매업	5027	15068	1.2	32	72	5.77	8.97	0.14	205.27	1.65	0.0000	34.0	25.46	861.2
5	상품 종합 중개업	10014	31960	1.7	29	36	2.50	7.51	0.00	199.32	0.01	0.0000	36.0	18.62	24.2
6	기타 시민운동 단체	3351	22272	1.5	63	27	2.57	7.06	0.00	226.27	0.00	0.0000	30.2	17.60	6.0
7	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	12.5	20726	246	2.43	7.57	0.01	212.42	0.05	0.0000	53.7	15.95	41.5
8	생물 살균·살충제 및 식물보호제 제조업	42	125	1.7	136	76	2.63	6.33	0.00	325.29	0.00	0.0000	37.5	15.11	24.1
9	전동기 및 발전기 제조업	1081	12324	4.5	777	170	2.82	6.08	0.03	218.39	0.81	0.0000	36.8	14.99	242.5
10	전분제품 및 당류 제조업	184	4054	6.3	990	194	2.16	6.66	0.00	205.75	0.00	0.0000	45.6	13.63	11.1
11	전문가 단체	1322	9345	0.7	35	56	1.89	6.84	0.00	47.57	0.00	0.0000	37.8	13.05	0.0
12	스포츠 클럽 운영업	351	4963	1.0	2141	31	1.56	4.24	0.00	209.86	0.00	0.0000	16.6	12.78	10.8
13	그 외 기타 숙박업	699	3511	2.2	325	36	1.89	4.78	0.00	183.63	0.00	0.0000	19.1	12.78	3.8
14	방간 압연 및 압출 제품 제조업	40	1661	6.8	1103	247	2.26	5.94	0.00	240.48	0.00	0.0000	41.6	12.46	8.5
15	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업	451	3722	0.7	35	19	2.15	5.58	0.00	143.58	0.00	0.0000	21.7	11.68	1.4

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-196〉 영화수소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	도금업	2,108	23,683	973.3	12,459	23517	1.96	0.0188	0.2612	7.9	1	4	22.79
2	면 방직업	48	1,836	0.7	178	8	6.96	0.0080	0.1300	33.3	2	3	8.18
3	시스템 소프트웨어 개발 및 공급업	15,429	263,284	2.3	510	60	3.12	0.0042	0.0000	31.7	2	3	7.76
4	기타 섬유, 의복 및 가죽 가공기계 제조업	459	2,372	0.2	3	2	29.18	29.0615	29.1787	31.5	2	3	7.68
5	1차 금속제품 도매업	5,027	15,068	1.2	32	72	5.77	0.1353	1.6515	25.5	2	3	6.05
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	203.8	17,026	7299	0.75	0.0016	0.0000	3.4	1	4	4.53
7	상품 종합 중개업	10,014	31,960	1.7	29	36	2.50	0.0040	0.0100	18.6	2	3	4.20
8	기타 시민운동 단체	3,351	22,272	1.5	63	27	2.57	0.0008	0.0000	17.6	2	3	3.91
9	선박 구성 부분품 제조업	3,256	52,409	12.5	20,726	246	2.43	0.0062	0.0450	16.0	2	4	3.71
10	전동기 및 발전기 제조업	1,081	12,324	4.5	777	170	2.82	0.0344	0.8069	15.0	2	3	3.27
11	생물 살균·살충제 및 식물보호제 제조업	42	125	1.7	136	76	2.63	0.0018	0.0000	15.1	2	3	3.24
12	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	91.5	1,682	1488	1.64	0.0080	0.0900	7.6	1	4	3.18
13	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	142.5	47,555	6918	0.59	0.0010	0.0000	2.7	1	4	2.97
14	원제 의약품 제조업	305	37,002	153.0	23,878	8056	0.41	0.0008	0.0000	1.7	1	2	2.95
15	전분제품 및 당류 제조업	184	4,054	6.3	990	194	2.16	0.0017	0.0000	13.6	2	3	2.94

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

33) 삼수소화비소 (아르신)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

인체에서 삼수소화비소 흡입과 그 결과 나타난 요증 비소 농도 간의 관계를 바탕으로, 만성 비소 영향을 예측할 수 있는 0.005 ppm의 TWA가 직업적 노출기준으로 권장된다. ACGIH는 이 수준이 비소의 전신 흡수를 방지하여 용혈과 비장, 간, 신장 기능에 대한 용혈 관련 효과의 위험을 증가시키지 않을 것이라고 믿는다. 아르신은 수용성이므로 제련 작업에서 보이는 불용성 비소 입자처럼 호흡기계에 축적되지 않는다. 이러한 이유로 아르신은 비소 함유 먼지보다 폐암을 유발할 가능성이 적다. 아르신 흡입은 전신 비소 노출을 초래하며, 높은 노출 수준에서는 비소 함유 입자의 섭취 또는 흡입을 통해 비소가 흡수되었을 때와 동일한 건강 위험을 초래할 수 있다. 0.005 ppm의 TWA는 동물의 혈액학적 효과에 대한 NOAEL 이하이며, 무기 비소 작업자에서 전신 건강 영향과 관련된 요 농도로 추정된 노출 수준보다 낮다. 납산 축전지 작업자 연구를 바탕으로, TWA 이하 또는 그 수준의 아르신 노출은 35 $\mu\text{g As/L}$ 의 BEI 수준 근처에서 요증 배출을 초래할 것으로 예상된다. 피부, 감작성, 발암성 주의 표기 또는 STEL을 권장할 수 있는 충분한 데이터는 없다.

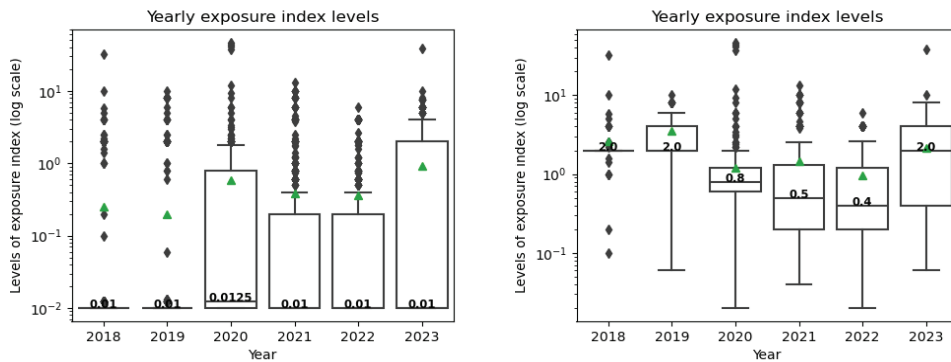
아르신은 유기 합성과 반도체 제조를 위한 도펀트로 초고순도 결정에 적용되어 전기 전도성을 증가시키는 전자 산업에서 사용된다. 가스 자체의 제조 또는 사용에서 아르신 중독이 발생하는 경우는 많지 않다. 기본 금속, 비소 불순물 및 산 (드물게 강한 알칼리)과 관련된 화학 반응의 부산물로 형성된 아르신에 의해서 주로 중독이 발생한다. 납산 축전지의 금속 그리드에 비소가 존재하기 때문에, 그리드에 전기 충전이 가해질 때 배터리 형성 과정에서 아르신이 생성될 수 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 7,758건이며, 오류인 자료는 없었다(물질명 오류 0건,

횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 0건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.0033 ppm~0.005 ppm) 자료 0건). 총 유효 자료 수는 7,758건이었으며, 불검출 값은 5,412건(69.8%)이었다.

삼수소화비소의 연도별 측정건수는 890~1541건 이었으며, 산술평균 노출지수는 0.48%, 기하평균 노출지수는 0.0384% 였다. 최대 노출지수는 46.2% 였고, 95% 상위 노출지수는 평균 2.0% 였다.



[그림 III-36] 삼수소화비소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수 최대값은 0.7% 였고, 95% tile은 최대 6%였다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 2.36% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 3개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위에는 2개 업종, 나머지 업종은 1% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 44.77% 였다. 나머지 14개 업종은 1~10% 범위의 95% tile 이었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 -0.13~5.92이 였다. 주요 등급은 4등급 2개 업종, 3등급 6개 업종, 2등급 6개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 1개, 1등급 14개 업종이었다.

〈표 III-197〉 삼수소화비소의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	890	806	90.6	0.25	1.30	0.0167	4.81	0.0100	0.0100	32.00	2.00
2019	1284	1215	94.6	0.20	1.00	0.0136	3.58	0.0100	0.0100	10.00	0.97
2020	1433	731	51.0	0.59	2.33	0.0847	9.39	0.0125	0.0100	46.20	1.60
2021	1340	996	74.3	0.38	1.31	0.0292	6.76	0.0100	0.0100	13.20	2.00
2022	1270	798	62.8	0.37	0.86	0.0435	7.51	0.0100	0.0100	6.00	2.00
2023	1541	866	56.2	0.93	1.85	0.0811	12.08	0.0100	0.0100	38.00	4.00
합계	7758	5412	69.8	0.48	1.59	0.0384	8.35	0.0100	0.0100	46.20	2.00

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-198〉 삼수소화서비스의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	16.8	150479	3745	0.24	0.84	0.0283	6.16	0.0100	0.0100	32.0
2	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	7.8	25803	681	0.22	1.13	0.0134	3.55	0.0100	0.0100	8.0
3	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	8.7	2277	608	2.28	2.16	0.7050	9.69	2.0000	0.0100	10.0
4	그 외 기타 건축 마무리 공사업	2758	12624	4.0	998	469	0.03	0.20	0.0108	1.84	0.0100	0.0100	2.0
5	반도체 제조용 기계 제조업	3408	35358	7.0	687	424	0.38	0.85	0.0491	7.79	0.0125	0.0100	8.0
6	비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업	401	12584	2.2	1979	185	0.20	0.38	0.0313	6.40	0.0100	0.0100	2.0
7	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	1.0	151	163	0.37	0.59	0.0789	7.51	0.2000	0.0100	4.0
8	기계 여과기 제조업	1434	14639	1.3	90	134	0.36	0.48	0.0633	8.42	0.0100	0.0100	1.6
9	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업	5381	45744	1.2	156	112	1.33	2.02	0.1453	13.34	0.2000	0.0100	6.0
10	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	2.0	686	97	0.39	1.44	0.0186	5.43	0.0100	0.0100	10.0
11	기기에 자동 측정 및 제어장치 제조업	889	8064	2.3	505	91	0.29	0.52	0.0551	7.17	0.0100	0.0100	2.5
12	건축물 일반 청소업	23398	170628	1.0	65	85	0.42	0.65	0.0632	9.00	0.0100	0.0100	2.6
13	건물용 기계·장비 설치 공사업	11653	59764	0.8	55	69	0.34	0.38	0.0917	7.35	0.2000	0.0100	1.6
14	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	54	2955	1.0	950	68	0.41	1.14	0.0277	7.34	0.0100	0.0100	6.0
15	기타 건물 관련설비 설치 공사업	18895	101199	1.5	353	58	1.11	1.57	0.1057	14.44	0.0100	0.0100	6.0

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
 $X_{0.95}$: 95% tile, $X_{0.95e}$: 95% 상위 추정값

〈표 III-199〉 삼수소화서비스의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
													X _{0.95}
1	전기·전자 및 정밀 기기 수리업	269	1022	0.3	209	55	2.58	1.04	2.36	1.56	2.00	0.6000	4.0
2	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	1535	27006	0.2	124	2	1.20	0.85	1.04	1.73	1.20	0.6000	1.8
3	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	0.3	201	12	15.54	19.88	0.79	43.40	4.40	0.0100	46.2
4	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	8.7	2277	608	2.28	2.16	0.71	9.69	2.00	0.0100	10.0
5	배관 및 냉·난방 공사업	8080	21867	0.3	29	12	0.80	0.61	0.24	9.53	1.00	0.0100	1.6
6	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업	5381	45744	1.2	156	112	1.33	2.02	0.15	13.34	0.20	0.0100	6.0
7	기타 건물 관련설비 설치 공사업	18895	101199	1.5	353	58	1.11	1.57	0.11	14.44	0.01	0.0100	6.0
8	액체 여과기 제조업	643	3102	0.3	30	32	0.54	0.56	0.10	10.25	0.31	0.0100	1.6
9	전기용 기계·장비 및 관련 기자재 도매업	8165	29350	0.3	44	6	0.20	0.17	0.09	4.96	0.20	0.0100	0.4
10	건물용 기계·장비 설치 공사업	11653	59764	0.8	55	69	0.34	0.38	0.09	7.35	0.20	0.0100	1.6
11	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	0.2	100	14	0.82	1.23	0.09	12.66	0.01	0.0100	4.0
12	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	1.0	151	163	0.37	0.59	0.08	7.51	0.20	0.0100	4.0
13	그 외 기타 달리 분류되지 않은 개인 서비스업	1122	8756	0.8	520	56	0.71	1.82	0.08	10.89	0.01	0.0100	13.2
14	시설물 유지관리 공사업	9485	13272	0.3	12	9	0.54	0.84	0.07	9.94	0.01	0.0100	2.0
15	기체 여과기 제조업	1434	14639	1.3	90	134	0.36	0.48	0.06	8.42	0.01	0.0100	1.6
													2.1

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-200〉 삼수소화서비스의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	0.3	201	12	15.54	19.88	0.79	43.40	4.40	0.0100	46.2
2	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업	5381	45744	1.2	156	112	1.33	2.02	0.15	13.34	0.20	0.0100	6.0
3	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	8.7	2277	608	2.28	2.16	0.71	9.69	2.00	0.0100	10.0
4	산업용 가스 제조업	192	4418	1.0	130	44	1.24	5.93	0.02	6.18	0.01	0.0100	38.0
5	전기·전자 및 정밀 기기 수리업	269	1022	0.3	209	55	2.58	1.04	2.36	1.56	2.00	0.6000	4.0
6	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	2.0	686	97	0.39	1.44	0.02	5.43	0.01	0.0100	10.0
7	기타 건물 관련설비 설치 공사업	18895	101199	1.5	353	58	1.11	1.57	0.11	14.44	0.01	0.0100	6.0
8	기타 자연과학 연구개발업	588	11786	1.0	123	24	0.64	1.20	0.05	10.93	0.01	0.0100	4.0
9	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	54	2955	1.0	950	68	0.41	1.14	0.03	7.34	0.01	0.0100	6.0
10	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	0.2	100	14	0.82	1.23	0.09	12.66	0.01	0.0100	4.0
11	액체 펌프 제조업	623	6731	1.3	33	54	0.46	0.91	0.05	8.54	0.01	0.0100	5.0
12	금속 탱크 및 저장 용기 제조업	780	5351	0.8	139	53	0.38	0.59	0.06	8.57	0.01	0.0100	2.0
13	건설업본사	124232	430058	0.7	137	29	0.43	0.82	0.03	8.70	0.01	0.0100	2.0
14	시설물 유지관리 공사업	9485	13272	0.3	12	9	0.54	0.84	0.07	9.94	0.01	0.0100	2.0
15	건축물 일반 청소업	23398	170628	1.0	65	85	0.42	0.65	0.06	9.00	0.01	0.0100	2.6
													2.4

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-201〉 삼수소화서비스의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med				X _{0.95}
1	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12,890	0.3	201	12	15.54	0.7865	4.4000	44.8	2	3	5.92
2	기타 반도체 소자 제조업	867	67,811	16.8	150,479	3745	0.24	0.0283	0.0100	1.4	1	2	4.88
3	사업시설 유지·관리 서비스업	12,746	124,451	8.7	2,277	608	2.28	0.7050	2.0000	6.0	1	4	2.84
4	반도체 제조용 기계 제조업	3,408	35,358	7.0	687	424	0.38	0.0491	0.0125	2.0	1	2	1.68
5	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	7.8	25,803	681	0.22	0.0134	0.0100	0.1	1	2	1.67
6	그 외 기타 건축 마무리 공사업	2,758	12,624	4.0	998	469	0.03	0.0108	0.0100	0.0	1	2	0.38
7	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업	5,381	45,744	1.2	156	112	1.33	0.1453	0.2000	6.0	1	3	0.34
8	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	2.0	686	97	0.39	0.0186	0.0100	4.0	1	4	0.32
9	기타 건물 관련설비 설치 공사업	18,895	101,199	1.5	353	58	1.11	0.1057	0.0100	4.0	1	3	0.15
10	산업용 가스 제조업	192	4,418	1.0	130	44	1.24	0.0163	0.0100	5.1	1	3	0.15
11	기기용 자동 측정 및 제어장치 제조업	889	8,064	2.3	505	91	0.29	0.0551	0.0100	1.1	1	2	-0.01
12	기타 자연과학 연구개발업	588	11,786	1.0	123	24	0.64	0.0529	0.0100	3.7	1	3	-0.06
13	비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업	401	12,584	2.2	1,979	185	0.20	0.0313	0.0100	1.0	1	2	-0.08
14	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	54	2,955	1.0	950	68	0.41	0.0277	0.0100	3.3	1	3	-0.12
15	액체 펌프 제조업	623	6,731	1.3	33	54	0.46	0.0536	0.0125	2.5	1	1	-0.13

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

34) 시안화수소

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

시안화수소의 노출기준은 Ceiling 4.7 ppm(as CN)이 권장된다. 고체 형태의 시안화칼슘($\text{Ca}[\text{CN}]_2$), 시안화나트륨(NaCN), 시안화칼륨(KCN)에 대해서는 Ceiling 5 mg/m³(as CN)가 권장된다. 시안화수소와 알칼리 시안화물 염은 같은 메커니즘, 즉 시안화물 이온의 방출에 의해 빠르게 독성 효과를 발휘한다고 판단된다. 권장되는 노출기준은 두통, 메스꺼움, 코, 목 및 폐 자극, 갑상선 비대와 같은 증상이 나타나는 것을 최소화하기 위한 것이다. 시안화수소와 덜 직접적이긴 하지만 시안화물 염도 피부를 통해 흡수되어 전신 독성을 일으킬 수 있으며, 심하면 사망에 이를 수 있다. 따라서 시안화수소와 그 염에 대해 피부 표시가 할당되었다. 감작성 또는 발암성 표시를 추천할 충분한 데이터는 없다.

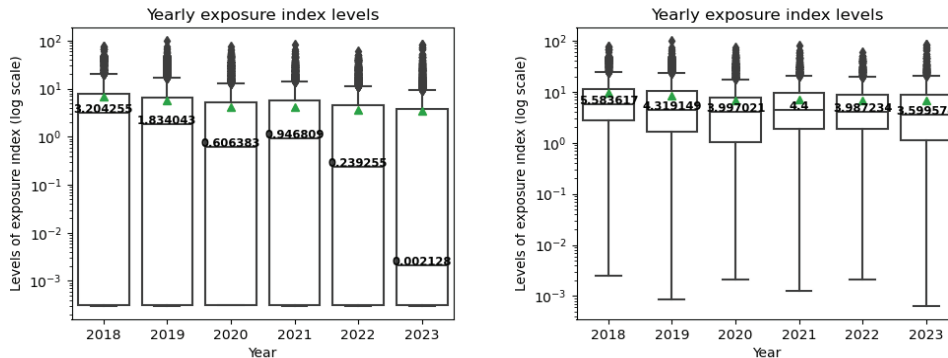
시안화수소는 화학 시약으로 사용되며 합성 섬유, 플라스틱, 시안화물 염 및 아질산염 제조를 위한 화학 중간체 생산, 배, 철도 차량, 건물, 과수원, 담배 및 다양한 식품의 훈증, 석유 정제, 전기도금, 야금 및 사진 현상에서 사용된다. NaCN 과 KCN 은 광석에서 금과 은을 추출, 전기도금, 금속 세척, 금속 열처리, 살충제 및 훈증제로 사용되며 염료, 안료, 나일론 및 킬레이트제 제조의 원료로 사용된다. 상업적으로 중요한 다른 시안화물인 $\text{Ca}(\text{CN})_2$ 는 공기 중에 노출되면 쉽게 시안화수소를 방출하기 때문에 주로 훈증제로 사용된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 25,038건이며, 오류인 자료는 없었다(물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 노출기준 불인정(Ceiling 4.7 ppm) 자료 0건). 총 유효 자료 수는 25,038건이었으며, 불검출 값은 9,737건(38.9%)이었다.

시안화수소의 연도별 측정건수는 약 3500~5000건 이었고, 산술평균 노출

지수는 4.63%였으며, 기하평균 노출지수는 0.086% 였다. 최대 노출지수는 99.44% 였으며, 95% 상위 노출지수는 평균 21.54% 였다.



[그림 III-37] 시안화수소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수 최대값은 2.04% 였고, 95% tile은 최대 26.32%였다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 9.74% 수준이었다. 측정 건수가 10개 미만인 업종이 5개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위에 해당하는 업종은 11개 였으며, 나머지는 1% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 41.35 였고, 15개 업종 모두 10~50% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 1.19~14.11 이었다. 주요 등급은 4등급 6개 업종, 3등급 9개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 모두 2등급이었다.

〈표 III-202〉 시안화수소의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	3499	1027	29.4	6.70	10.33	0.2813	93.11	3.2043	0.0003	75.46	32.01
2019	4954	1558	31.4	5.78	9.68	0.1863	92.99	1.8340	0.0003	99.44	29.66
2020	4429	1651	37.3	4.19	7.85	0.0770	98.54	0.6064	0.0003	74.55	20.48
2021	4313	1746	40.5	4.12	7.01	0.0736	111.05	0.9468	0.0003	81.44	17.23
2022	4114	1921	46.7	3.63	6.67	0.0432	115.12	0.2393	0.0003	60.17	16.71
2023	3729	1834	49.2	3.39	7.28	0.0295	107.24	0.0021	0.0003	83.95	15.52
합계	25038	9737	38.9	4.63	8.33	0.0860	108.98	1.0170	0.0003	99.44	21.54

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-203〉 시인화수소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	도금업	2108	23683	547.2	6345	15584	6.00	9.14	0.2869	82.21	2.7926	0.0003	99.4	25.63	405.2543
2	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	20.0	7122	984	2.24	7.25	0.0051	59.78	0.0003	0.0003	83.9	13.12	4.2263
3	도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업	76	1882	33.8	707	765	2.48	7.25	0.0049	68.30	0.0003	0.0003	65.0	15.43	5.1271
4	기타 바철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	12.0	106	595	5.63	7.49	2.0426	11.41	3.4247	0.0003	47.4	18.44	112.0522
5	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	12.7	1082	566	2.86	6.04	0.0369	98.64	0.3266	0.0003	58.1	14.73	70.3986
6	인쇄회로기판용 적층판 제조업	1646	29900	11.0	4942	522	0.58	1.62	0.0026	37.05	0.0003	0.0003	10.0	3.75	0.9798
7	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	14.5	132	375	5.78	8.79	0.2659	85.99	2.8553	0.0003	48.5	26.32	404.5294
8	폐수 처리업	268	2541	13.3	154	347	2.97	6.32	0.0226	96.61	0.0021	0.0003	42.3	14.47	41.5690
9	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	3.7	1680	344	0.14	0.95	0.0004	5.21	0.0003	0.0003	10.2	0.00	0.0066
10	금속 열처리업	975	8656	12.2	158	304	2.67	5.90	0.0071	92.32	0.0003	0.0003	34.5	15.49	12.1677
11	귀금속 및 관련제품 제조업	1092	4434	30.8	311	271	1.84	5.00	0.0127	76.94	0.0003	0.0003	49.4	8.38	16.1278
12	그 외 기타 전기장비 제조업	2350	27510	3.2	1049	255	0.98	2.11	0.0039	53.90	0.0003	0.0003	10.8	5.71	2.7802
13	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4427	71377	5.2	751	254	0.26	1.31	0.0006	9.07	0.0003	0.0003	11.7	0.22	0.0220
14	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	4.7	2149	185	1.53	5.80	0.0067	61.80	0.0003	0.0003	49.2	5.76	5.9321
15	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8066	57750	7.2	562	162	2.94	5.75	0.0232	102.17	0.0003	0.0003	28.9	14.30	46.9112

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-204〉 시안화수소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재기입**		작업환경측정**		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	합금철 제조업	78	1320	0.7	41	20	16.34	11.35	9.74	3.51	19.67	0.8745	29.7	29.59	76.8
2	알루미늄 주물 주조업	465	3910	0.3	11	8	8.37	5.16	6.51	2.32	7.60	0.8851	18.1	16.20	26.1
3	상품 종합 도매업	12807	87057	0.8	6	20	5.74	3.00	4.99	1.76	5.49	0.9638	14.4	10.23	12.6
4	자동차 차체용 신품 부품 제조업	4296	149959	1.5	22	128	5.64	5.74	4.37	1.93	4.62	0.5623	32.3	8.76	12.9
5	일반 전기 공사업	47773	129399	0.2	18	4	3.91	0.11	3.91	1.03	3.92	3.7723	4.1	4.03	4.1
6	기타 전기 변환장치 제조업	1017	11331	1.2	59	60	4.37	2.24	3.84	1.68	3.43	1.4262	8.6	8.46	9.0
7	디지털 적응 성형기계 제조업	33	88	0.3	2	2	2.44	1.70	2.12	1.72	2.44	1.2362	3.6	3.52	5.2
8	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	12.0	106	595	5.63	7.49	2.04	11.41	3.42	0.0003	47.4	18.44	112.1
9	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	0.2	4	2	1.89	1.38	1.62	1.77	1.89	0.9149	2.9	2.76	4.1
10	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업	293	727	1.5	33	30	7.32	13.81	1.33	20.55	2.61	0.0003	60.2	36.76	192.7
11	금속류 원료 재생업	1038	5905	2.0	17	34	7.26	8.47	1.11	30.61	3.73	0.0003	31.2	24.37	308.7
12	비동력식 수공구 제조업	404	2461	2.7	19	114	6.91	11.56	0.79	42.44	3.14	0.0003	45.3	41.35	378.0
13	기타 무선 통신장비 제조업	868	8443	0.8	61	20	2.44	4.24	0.51	15.45	0.86	0.0003	15.8	13.12	46.3
14	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	3.0	120	134	2.35	1.87	0.46	34.40	2.33	0.0003	11.2	6.32	155.2
15	기타 인쇄업	5377	35293	0.5	285	6	2.48	3.09	0.42	28.68	1.15	0.0003	8.0	7.07	105.5

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-205〉 시안화수소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	비동력식 수공구 제조업	404	2461	2.7	19	114	6.91	11.56	0.79	42.44	3.14	0.0003	45.3	41.35	378.0
2	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업	293	727	1.5	33	30	7.32	13.81	1.33	20.55	2.61	0.0003	60.2	36.76	192.7
3	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	86	3735	1.8	111	110	8.55	13.49	0.06	98.70	0.01	0.0003	40.9	35.92	105.3
4	일반 고등학교	2130	56420	0.3	96	6	10.74	14.91	0.08	245.08	6.26	0.0003	38.2	32.09	658.7
5	합금철 제조업	78	1320	0.7	41	20	16.34	11.35	9.74	3.51	19.67	0.8745	29.7	29.59	76.8
6	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	14.5	132	375	5.78	8.79	0.27	85.99	2.86	0.0003	48.5	26.32	404.5
7	도금업	2108	23683	547.2	6345	15584	6.00	9.14	0.29	82.21	2.79	0.0003	99.4	25.63	405.3
8	금속류 원료 재생업	1038	5905	2.0	17	34	7.26	8.47	1.11	30.61	3.73	0.0003	31.2	24.37	308.7
9	표면처리 및 적층 직물 제조업	101	1176	2.2	31	49	3.46	12.33	0.00	32.68	0.00	0.0003	65.8	21.85	0.3
10	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1115	1.3	52	36	4.58	7.54	0.05	129.88	0.58	0.0003	26.2	21.24	150.1
11	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	12.0	106	595	5.63	7.49	2.04	11.41	3.42	0.0003	47.4	18.44	112.1
12	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57184	0.8	1845	10	7.13	7.30	0.17	168.42	7.21	0.0003	20.3	18.26	773.2
13	알루미늄 주물 주조업	465	3910	0.3	11	8	8.37	5.16	6.51	2.32	7.60	0.8851	18.1	16.20	26.1
14	기타 1차 비철금속 제조업	146	1583	0.5	10	8	3.94	7.29	0.00	107.71	0.00	0.0003	16.0	15.82	10.5
15	금속 열처리업	975	8656	12.2	158	304	2.67	5.90	0.01	92.32	0.00	0.0003	34.5	15.49	12.2

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-206〉 시인화수소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	도금업	2,108	23,683	547.2	6,345	15584	6.00	0.2869	2.7926	25.6	2	4
2	비동력식 수공구 제조업	404	2,461	2.7	19	114	6.91	0.7940	3.1447	41.3	2	3
3	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업	293	727	1.5	33	30	7.32	1.3342	2.6134	36.8	2	3
4	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	86	3,735	1.8	111	110	8.55	0.0552	0.0106	35.9	2	3
5	일반 고등학교	2,130	56,420	0.3	96	6	10.74	0.0773	6.2576	32.1	2	3
6	합금철 제조업	78	1,320	0.7	41	20	16.34	9.7381	19.6681	29.6	2	3
7	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	14.5	132	375	5.78	0.2659	2.8553	26.3	2	4
8	금속류 원료 재생업	1,038	5,905	2.0	17	34	7.26	1.1095	3.7335	24.4	2	3
9	표면처리 및 적층 식물 제조업	101	1,176	2.2	31	49	3.46	0.0011	0.0003	21.8	2	3
10	도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업	76	1,882	33.8	707	765	2.48	0.0049	0.0003	15.4	2	4
11	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1,115	1.3	52	36	4.58	0.0501	0.5840	21.2	2	3
12	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5,309	12.0	106	595	5.63	2.0426	3.4247	18.4	2	4
13	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57,184	0.8	1,845	10	7.13	0.1682	7.2074	18.3	2	3
14	금속 열처리업	975	8,656	12.2	158	304	2.67	0.0071	0.0003	15.5	2	4
15	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	12.7	1,082	566	2.86	0.0369	0.3266	14.7	2	4

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

35) 암모니아

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

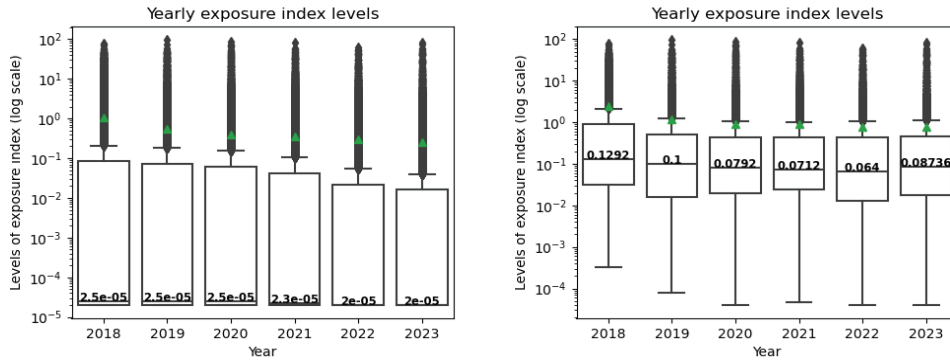
암모니아에 대한 직업적 노출기준으로 TWA 25 ppm과 STEL 35 ppm이 권장된다. 이러한 값은 급성 눈 및 호흡기 자극의 잠재성을 최소화하기 위한 것이다. STEL은 높은 단기 노출로 인해 건강한 작업자와 부상당한 작업자에게 보고된 자극 및 기타 부정적인 잠재적 호흡기 영향을 줄이기 위한 추가 요소로 권장된다. 피부, 감작성, 또는 발암성 표기를 권장할 데이터는 충분치 않다.

암모니아는 비료, 특히 암모니아 화합 비료로 사용되며, 질산, 하이드라진 수화물, 시안화수소, 아크릴로니트릴 제조에 사용된다. 또한 냉매, 강철의 질화, 폴리머의 응축 촉매 및 기타 다양한 용도로 사용된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 118,621건이며, 물질명 오류 3건, 횡수조정 21건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 666건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 16.66 ppm~25 ppm, STEL 35 ppm) 자료 456건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 117,475건이었으며, TWA 평가자료 117,253건, STEL 평가자료 222건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 69,745건(59.5%)이었고, STEL 자료에서 135건(60.8%)이었다.

암모니아의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 산술평균 노출지수는 0.45%였으며, 기하평균 노출지수는 0.0006% 였다. 최대 노출지수는 96.77% 였으며 95% 상위 노출지수는 1.53% 수준이었다.



[그림 III-38] 암모니아의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종의 기하평균 노출지수 최대값은 0.0355% 였고, 95% tile은 최대 10.09%였다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 8.30% 수준이었다. 측정 건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위에 있는 업종은 5개였고, 나머지는 1% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서, 최대 95% 상위 노출지수는 34.25% 였고, 15개 업종 모두 10~50% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.87~21.48 이었다. 주요 등급은 4등급 6개 업종, 3등급 8개 업종, 2등급 1개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 13개, 1등급 2개 업종이었다.

〈표 III-207〉 암모니아의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	14673	8266	56.3	1.07	4.61	0.0010	115.20	0.0000	0.0000	78.18	5.57
2019	17592	9585	54.5	0.54	2.95	0.0009	89.22	0.0000	0.0000	96.77	2.06
2020	18991	10265	54.1	0.41	2.51	0.0010	84.78	0.0000	0.0000	87.27	1.58
2021	20141	11868	58.9	0.36	2.24	0.0007	78.79	0.0000	0.0000	80.91	1.31
2022	21968	13703	62.4	0.30	1.89	0.0004	66.74	0.0000	0.0000	61.14	1.12
2023	23888	16058	67.2	0.25	1.89	0.0003	61.52	0.0000	0.0000	83.24	0.92
합계	117253	69745	59.5	0.45	2.70	0.0006	80.55	0.0000	0.0000	96.77	1.53

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-208〉 암모니아의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	54.5	171165	22918	0.03	0.19	0.0004	32.05	0.0000	0.0000	7.6
2	도금업	2108	23683	378.7	6297	8418	2.04	5.19	0.0355	149.61	0.4104	0.0000	53.3
3	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	119.0	12155	4062	0.36	2.33	0.0005	82.12	0.0000	0.0000	54.9
4	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	51.3	36193	3760	0.16	1.51	0.0001	39.68	0.0000	0.0000	53.9
5	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	50.3	5055	3398	0.03	0.20	0.0001	28.30	0.0000	0.0000	4.9
6	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	71.8	36713	3362	0.30	1.98	0.0005	66.52	0.0000	0.0000	45.1
7	반도체 제조용 기계 제조업	3408	35358	44.3	7936	2146	0.11	1.11	0.0006	43.44	0.0000	0.0000	26.5
8	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	39.8	9684	1918	0.25	1.37	0.0004	75.34	0.0000	0.0000	26.1
9	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46660	6.3	34768	1787	0.08	0.26	0.0006	63.03	0.0000	0.0000	6.1
10	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	30.5	8058	1783	0.31	2.52	0.0002	49.43	0.0000	0.0000	48.0
11	기타 발전업	402	29181	33.5	8851	1740	0.24	1.35	0.0002	57.28	0.0000	0.0000	23.6
12	완제 의약품 제조업	305	37002	36.5	6914	1633	0.08	0.36	0.0002	41.60	0.0000	0.0000	8.3
13	인쇄회로기판용 적층판 제조업	1646	29900	40.3	11197	1314	0.56	2.96	0.0019	96.68	0.0017	0.0000	70.0
14	하수 처리업	222	3659	55.0	1486	1303	0.06	0.30	0.0001	28.28	0.0000	0.0000	7.3
15	계면활성제 제조업	292	3907	25.8	2119	1248	0.21	1.27	0.0006	70.55	0.0000	0.0000	33.4

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-209〉 암모니아의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입**		작업환경측정**		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	플라스틱 혼합제품 제조업	12	328	0.2	1	2	12.60	13.41	8.30	2.66	12.60	3.1216	22.1	21.14	41.5
2	자동차용 부품 동력 전달장치 제조업	290	4154	0.2	30	2	6.40	5.24	5.22	1.94	6.40	2.6975	10.1	9.73	15.5
3	석회 및 플라스틱 제조업	91	2116	0.3	17	4	7.94	11.50	3.93	3.00	2.51	1.5633	25.2	21.84	23.9
4	골판지 상자 및 가공제품 제조업	421	2618	0.7	66	8	2.04	2.17	1.26	2.75	1.14	0.2285	6.8	5.56	6.7
5	수력 발전업	13	41	0.2	31	2	1.21	0.17	1.20	1.10	1.21	1.0856	1.3	1.31	1.4
6	화학품 및 화장품품 도매업	8790	32162	1.2	225	42	4.62	5.29	0.90	37.71	3.03	0.0000	24.2	14.23	352.2
7	콘크리트 관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업	577	6209	0.2	83	2	0.75	0.14	0.74	1.14	0.75	0.6487	0.8	0.84	0.9
8	자동차 부품 판매업	2147	14677	0.5	10	12	1.25	1.21	0.73	3.45	0.89	0.0294	4.1	3.43	5.6
9	바이오 연료 및 혼합물 제조업	35	295	0.2	3	1	0.58		0.58	1.00	0.58	0.5765	0.6	0.58	0.6
10	전자상거래 소매업	23512	73136	0.2	5	1	0.52		0.52	1.00	0.52	0.5172	0.5	0.52	0.5
11	점토 벽돌, 블록 및 유사 비내화 요업제품 제조업	363	2834	0.2	9	2	0.36	0.04	0.36	1.08	0.36	0.3366	0.4	0.39	0.4
12	기타 편조 의복 액세서리 제조업	192	843	1.0	18	24	1.99	2.92	0.22	34.75	0.51	0.0000	9.6	8.36	74.5
13	비동력식 수공구 제조업	404	2461	0.8	4	14	3.06	6.76	0.20	52.49	0.63	0.0000	24.6	15.42	134.7
14	부직포 및 펄트 제조업	414	3762	2.3	254	193	1.85	5.61	0.19	37.90	0.54	0.0000	48.2	7.14	75.0
15	상품 종합 도매업	12807	87057	2.0	167	52	1.58	2.28	0.16	69.57	0.79	0.0000	11.8	5.75	168.2

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-210〉 암모니아의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	단추 및 유사 파스너 제조업	350	1894	1.7	16	15	7.98	13.59	0.07	375.23	1.12	0.0000	47.7
2	유기질 비료 및 상토 제조업	253	1003	24.3	181	313	5.77	11.90	0.07	241.18	0.79	0.0000	83.2
3	직물재배 및 축산 복합농업	218	1020	1.3	37	18	9.03	11.29	0.12	500.47	3.85	0.0000	41.7
4	그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업	2681	21085	13.7	686	307	3.75	10.90	0.01	244.88	0.07	0.0000	78.2
5	고무 의류 및 기타 위생용 비경화 고무제품 제조업	79	1184	5.7	234	125	3.63	7.90	0.05	205.97	0.50	0.0000	49.3
6	석회 및 플라스터 제조업	91	2116	0.3	17	4	7.94	11.50	3.93	3.00	2.51	1.5633	25.2
7	기타 일반 도자기 제조업	199	724	2.5	89	102	4.02	9.25	0.08	173.16	0.64	0.0000	51.3
8	플라스터 혼합제품 제조업	12	328	0.2	1	2	12.60	13.41	8.30	2.66	12.60	3.1216	22.1
9	그 외 기타 분류 안된 상품 전문 소매업	3569	9100	1.0	5	12	4.27	9.48	0.01	412.29	0.14	0.0000	32.4
10	주형 및 금형 제조업	9288	57188	14.0	351	244	2.98	8.51	0.00	238.29	0.00	0.0000	68.1
11	수산물 가공식품 도매업	805	2699	3.7	162	42	3.24	6.38	0.00	360.44	0.00	0.0000	20.4
12	얼음 제조업	97	731	20.2	176	151	2.67	7.46	0.01	211.29	0.06	0.0000	42.7
13	신선, 냉동 및 기타 수산물 도매업	7000	19045	0.7	28	11	3.14	7.05	0.03	108.38	0.13	0.0000	21.8
14	비동력식 수공구 제조업	404	2461	0.8	4	14	3.06	6.76	0.20	52.49	0.63	0.0000	24.6
15	기타 건축용 비나화 요업제품 제조업	58	379	2.5	25	50	4.29	8.50	0.06	262.77	1.22	0.0000	51.2
													15.11
													616.4

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-211〉 압모니아의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재기업※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	도금업	2,108	23,683	378.7	6,297	8418	2.04	0.0355	0.4104	10.1	2	4	21.48
2	유기질 비료 및 상토 제조업	253	1,003	24.3	181	313	5.77	0.0720	0.7860	31.3	2	4	7.93
3	단추 및 유사 파스너 제조업	350	1,894	1.7	16	15	7.98	0.0719	1.1152	34.3	2	3	7.45
4	작물재배 및 축산 복합농업	218	1,020	1.3	37	18	9.03	0.1249	3.8457	29.5	2	3	6.31
5	그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업	2,681	21,085	13.7	686	307	3.75	0.0114	0.0716	25.1	2	4	5.91
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	119.0	12,155	4062	0.36	0.0005	0.0000	1.1	1	2	5.77
7	고무 의류 및 기타 위생용 비경화 고무제품 제조업	79	1,184	5.7	234	125	3.63	0.0475	0.5000	23.7	2	3	5.16
8	주형 및 금형 제조업	9,288	57,188	14.0	351	244	2.98	0.0047	0.0048	20.4	2	4	4.83
9	기타 일반 도자기 제조업	199	724	2.5	89	102	4.02	0.0769	0.6361	21.8	2	3	4.55
10	석회 및 플라스터 제조업	91	2,116	0.3	17	4	7.94	3.9271	2.5065	21.8	2	3	4.45
11	얼음 제조업	97	731	20.2	176	151	2.67	0.0094	0.0608	16.8	2	4	4.28
12	플라스터 혼합제품 제조업	12	328	0.2	1	2	12.60	8.3036	12.6048	21.1	2	3	4.27
13	그 외 기타 분류 안된 상품 전문 소매업	3,569	9,100	1.0	5	12	4.27	0.0073	0.1422	20.6	2	3	4.20
14	수산물 가공식품 도매업	805	2,699	3.7	162	42	3.24	0.0021	0.0000	19.6	2	3	4.10
15	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	743	4,960	47.0	881	1056	1.97	0.0090	0.0916	9.1	1	4	3.87

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

36) 염소

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

직업적으로 염소(Cl_2)에 노출될 때 눈, 코, 하기도 자극을 최소화하기 위해 0.1 ppm의 TWA와 0.4 ppm의 STEL이 권장된다. 염소는 주로 노출 강도에 따라 다양한 폐 손상을 일으킬 수 있다(기도 자극, 폐부종, 제한성 폐 질환 및 지속적인 기류 폐쇄 여부와 상관없는 기도 과민 반응). 염소 노출 이후의 영향은 노출 강도, 노출 시의 분당 환기량 및 흡연과 아토피 같은 개인 요인과 관련있다. 눈이나 호흡기 자극은 일반적으로 48시간 후에 없어지지만, 기도 과민 반응은 무기한 지속될 수 있다.

권장되는 TLV-TWA는 2년 동안 쥐와 생쥐를 대상으로 한 흡입 노출 연구에 근거한다. 이 연구는 동물들이 0, 0.4, 1.0 및 2.0 ppm의 염소에 2년 동안 주 5일, 하루 6시간 동안 노출되었을 때 농도 의존적인 비강 및 후각 조직 손상을 보여주었다. 6시간 노출에서 관찰된 최저 관찰 유해 영향 수준(LOAEL) 0.4 ppm을 8시간 노출로 조정하고, 0.4 ppm에서 관찰된 비교적 경미한 영향을 무관찰 유해 영향 수준(NOAEAL)으로 전환하면 염소 가스에 대한 TWA는 0.1 ppm이 된다.

단기 “피크” 염소 노출은 반응성 기도 기능 장애 증후군을 유발하는 데 중요한 것으로 보이며, 이로 인한 기도 과민 반응은 수년간 지속될 수 있다. 염소는 기도 알레르기나 천식이 있는 사람들이 “예측 가능한 과민 반응”을 보일 수 있는 유일한 환경 자극제일 수 있다. STEL은 10명의 지원자(기도 과민 반응이 있는 5명과 없는 5명)가 1 ppm 염소에 60분 동안 노출된 후 중요한 폐 기능 변화를 발견한 연구 결과를 기반으로 한다. 24시간 후 측정했을 때 폐 기능 변화는 지속되지 않았다. 0.4 ppm에 60분 동안 노출되었을 때 기도 과민 반응이 있는 5명의 피실험자에게서 통계적으로 유의미하지 않은 작은 폐 기능 변화를 일으켰다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 STEL 0.4 ppm은 민감한 개인을 보호할 것으로 판단된다(참고: 이 TLV는 많은 작업자에게 염소의

냄새 역치 이하일 가능성이 있으므로, 냄새는 매우 신뢰할 수 없는 노출 지표이다.)

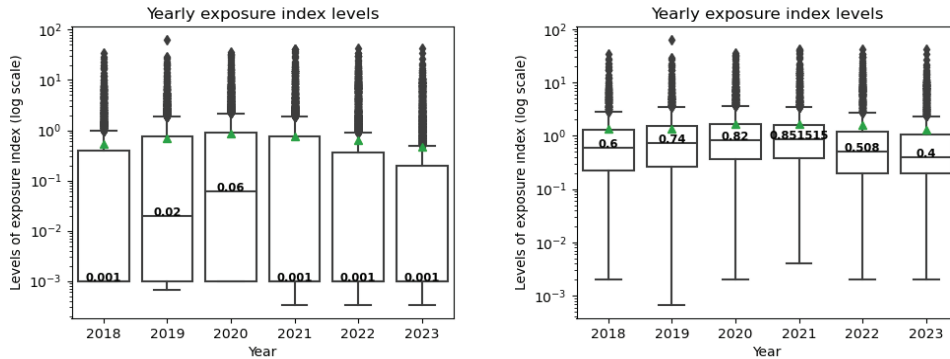
동물에게 염소 처리된 물을 급여한 연구에서의 불확실한 발암성 결과와 인간에 대한 불충분한 암 데이터에 근거하여 A4(인간 발암성 분류 불가)라는 발암성 표기가 지정되었다. 염소 노출은 천식을 악화시킬 수 있지만, 개인이 염소 자체에 민감해진다는 증거는 없다. 따라서 감작성 표시는 지정되지 않았으며, 피부 표시에 대한 데이터는 충분하지 않다.

염소는 소독제, 산화제 또는 염화제, 염소화 유기 화합물의 제조, 표백, 정수 및 하수 정화, 모직물의 방축 가공 등에 널리 사용된다. 일반인은 교통사고, 열차 사고, 유출 사고 또는 기타 재난으로 인해 단기적으로 고농도의 염소 가스에 노출될 수 있다. 작업장에서의 노출은 종종 장기적이고 저농도의 노출이지만, 일시적인 방출로 인해 가끔 급성 노출이 발생할 수 있다. 급성 노출은 천식, 기침, 흉부 압박감, 기도 과민 반응, 폐부종 및 호흡곤란 등 다른 호흡기 자극제와 유사한 영향을 초래할 수 있다. 염소는 공기보다 무거워 환기가 잘되지 않거나 밀폐된 공간에서 질식사를 유발할 수 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 29,620건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 676건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.33~0.5 ppm, STEL 1 ppm) 자료 5건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 28,939건이었으며, TWA 평가자료 28,860건, STEL 평가자료 79건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 16,060건(55.6%)이었고, STEL 자료에서 34건(43.0%)이었다.

염소의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 산술평균 노출지수는 0.66%였으며, 기하평균 노출지수는 0.0171% 였다. 최대 노출지수는 63.2% 였으며, 95% 상위 노출지수는 2.9% 수준이었다.



[그림 III-39] 염소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 최대 기하평균 노출지수는 0.835% 였고, 95% tile은 최대 15.09%였다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 21.05% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 7개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위에 해당하는 업종은 4개였으며, 나머지 10개 업종의 기하평균 노출지수는 1% 미만 이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 30.47% 였고, 11개 업종은 10~50% 범위에 해당하였고, 4개 업종은 1~10% 범위에 해당하였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 1.74~6.59이었다. 주요 등급은 4등급 5개 업종, 3등급 5개 업종, 2등급 5개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 7개, 1등급 8개 업종이었다.

〈표 III-212〉 염소의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	3395	2017	59.4	0.54	1.76	0.0129	24.75	0.0010	0.0010	34.40	2.57
2019	4220	2076	49.2	0.69	1.95	0.0262	28.59	0.0200	0.0007	63.20	3.04
2020	4705	2220	47.2	0.88	2.27	0.0331	31.00	0.0600	0.0010	35.20	3.90
2021	5019	2692	53.6	0.76	2.36	0.0217	30.19	0.0010	0.0003	41.19	2.78
2022	5467	3218	58.9	0.65	2.28	0.0131	24.86	0.0010	0.0003	42.37	2.74
2023	6054	3837	63.4	0.47	1.70	0.0093	21.08	0.0010	0.0003	42.40	2.16
합계	28860	16060	55.6	0.66	2.08	0.0171	27.19	0.0010	0.0003	63.20	2.90

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-213〉 염소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	19.7	152622	11286	0.46	1.48	0.0200	24.16	0.0010	0.0010	42.4	1.76	3.7642
2	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	21.8	3366	1750	0.32	1.60	0.0056	15.27	0.0010	0.0010	34.4	1.54	0.4925
3	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	544	46660	5.2	24435	1663	0.04	0.23	0.0013	3.49	0.0010	0.0010	3.8	0.00	0.0101
4	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	12.3	26223	1152	0.29	0.89	0.0046	16.51	0.0010	0.0010	13.1	1.80	0.4653
5	반도체 제조용 기계 제조업	3408	35358	24.0	3428	1083	0.51	1.01	0.0311	25.95	0.1000	0.0010	21.5	2.02	6.6041
6	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	11.7	1785	972	1.39	2.85	0.0412	39.88	0.1000	0.0007	35.2	7.09	17.7210
7	그 외 기타 전자 부품 제조업	5423	87738	9.5	16140	752	0.55	1.23	0.0182	25.28	0.0013	0.0010	8.8	3.11	3.6973
8	그 외 기타 건축 마무리 공사업	2758	12624	4.0	1005	522	0.37	1.06	0.0068	20.16	0.0010	0.0010	8.0	1.88	0.9535
9	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	5.5	2002	427	1.19	3.49	0.0193	33.63	0.0010	0.0010	33.4	6.14	6.2731
10	질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업	85	1592	1.3	676	407	1.69	2.53	0.0967	38.96	0.4600	0.0010	16.9	7.79	40.0049
11	액정 표시장치 제조업	183	9944	1.7	21380	405	0.56	1.73	0.0072	21.45	0.0010	0.0010	12.6	3.43	1.1139
12	기기를 자동 측정 및 제어장치 제조업	889	8064	3.7	581	387	0.53	0.65	0.0622	22.56	0.3200	0.0010	4.4	1.79	10.4643
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	12.7	3954	379	1.39	3.71	0.0237	37.92	0.0013	0.0010	34.2	7.00	9.3624
14	생활용수 공급업	42	2474	9.3	841	371	0.93	1.54	0.0426	32.01	0.1000	0.0010	8.5	4.30	12.7615
15	폐수 처리업	268	2541	18.0	119	367	5.50	6.20	0.8350	32.41	3.9400	0.0010	63.2	15.09	255.1692

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-214〉 업체의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4128	0.2	1	2	21.13	2.47	21.05	1.09	21.13	19.3800	22.9	22.70	24.1
2	텔레비전 제조업	41	291	0.2	135	6	2.72	0.80	2.61	1.35	2.90	1.6000	3.5	3.51	4.2
3	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	1.5	9	14	6.91	6.84	2.33	11.83	4.22	0.0010	21.5	18.38	135.8
4	기타 시민운동 단체	3351	22272	0.2	2	2	2.32	0.06	2.32	1.02	2.32	2.2800	2.4	2.36	2.4
5	도금업	2108	23683	13.0	340	169	5.30	4.43	1.73	13.89	4.52	0.0010	19.2	13.83	131.3
6	경영 컨설팅업	14210	63888	0.2	1	8	2.69	2.09	0.99	14.17	2.00	0.0010	5.9	5.90	77.8
7	재생용 재료 수집 및 판매업	6841	17251	1.0	7	14	6.48	9.55	0.94	15.50	1.30	0.0010	27.8	23.91	85.2
8	상품 종합 중개업	10014	31960	0.3	4	2	1.04	0.65	0.93	1.61	1.04	0.5800	1.5	1.45	2.0
9	폐수 처리업	268	2541	18.0	119	367	5.50	6.20	0.83	32.41	3.94	0.0010	63.2	15.09	255.2
10	광섬유 케이블 제조업	39	496	1.0	134	12	1.28	1.74	0.68	3.28	0.65	0.0400	6.3	4.43	4.8
11	산업 처리과정 제어장비 제조업	432	6540	0.2	2	4	3.07	3.51	0.49	12.34	2.87	0.0400	6.5	6.38	30.8
12	일차전지 제조업	45	5325	0.5	1946	24	2.27	2.30	0.34	30.64	1.52	0.0010	8.5	6.93	95.1
13	유원지 및 테마파크 운영업	300	6999	1.0	219	28	1.04	1.70	0.29	7.97	0.42	0.0010	7.3	4.62	8.9
14	기타 대형 종합 소매업	708	4735	0.3	78	4	2.88	3.25	0.28	32.83	2.75	0.0011	6.0	5.92	86.2
15	포장용 유리용기 제조업	57	2401	0.3	106	26	1.38	1.22	0.26	22.84	1.02	0.0010	3.6	3.54	45.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-215〉 염소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	기타 자연과학 연구개발업	588	11786	1.7	270	86	4.90	10.89	0.04	54.82	0.01	0.0010	38.1	30.47	29.5
2	재생용 재료 수집 및 판매업	6841	17251	1.0	7	14	6.48	9.55	0.94	15.50	1.30	0.0010	27.8	23.91	85.2
3	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4128	0.2	1	2	21.13	2.47	21.05	1.09	21.13	19.3800	22.9	22.70	24.1
4	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	1.5	9	14	6.91	6.84	2.33	11.83	4.22	0.0010	21.5	18.38	135.8
5	폐수 처리업	268	2541	18.0	119	367	5.50	6.20	0.83	32.41	3.94	0.0010	63.2	15.09	255.2
6	원제 의약품 제조업	305	37002	2.2	268	79	2.01	6.26	0.01	29.03	0.00	0.0010	34.6	14.34	1.8
7	도금업	2108	23683	13.0	340	169	5.30	4.43	1.73	13.89	4.52	0.0010	19.2	13.83	131.3
8	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	322	7064	1.0	17	6	2.80	6.86	0.01	37.56	0.00	0.0010	16.8	12.60	2.0
9	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	1.5	74	34	2.61	4.35	0.03	57.79	0.00	0.0013	16.8	11.27	27.1
10	의약품 도매업	4468	36669	1.0	18	21	2.76	5.61	0.04	64.86	0.00	0.0010	23.8	10.80	34.4
11	속도계 및 적산계기 제조업	197	2060	0.7	23	5	2.89	5.77	0.25	21.55	0.46	0.0010	13.2	10.66	38.3
12	기타 공학 연구개발업	1395	37470	3.5	1792	87	2.37	3.47	0.08	48.97	0.22	0.0010	11.7	9.85	49.2
13	호텔업	3184	56421	0.7	164	14	1.89	3.61	0.01	50.37	0.00	0.0010	10.6	9.68	7.5
14	인쇄회로기판용 적층판 제조업	1646	29900	2.0	1783	47	1.70	3.38	0.01	42.48	0.00	0.0010	12.2	9.62	5.0
15	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	8307	77221	2.2	77	38	0.78	2.58	0.00	16.10	0.00	0.0010	11.0	8.52	0.3

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-216〉 업소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	폐수 처리업	268	2,541	18.0	119	367	5.50	0.8350	3.9400	15.1	2	4	6.59
2	기타 자연과학 연구개발업	588	11,786	1.7	270	86	4.90	0.0407	0.0105	30.5	2	3	5.72
3	반도체 제조용 기계 제조업	3,408	35,358	24.0	3,428	1083	0.51	0.0311	0.1000	2.0	1	2	5.28
4	도금업	2,108	23,683	13.0	340	169	5.30	1.7309	4.5200	13.8	2	4	5.01
5	사업시설 유지·관리 서비스업	12,746	124,451	21.8	3,366	1750	0.32	0.0056	0.0010	1.5	1	2	4.61
6	재사용 재료 수집 및 판매업	6,841	17,251	1.0	7	14	6.48	0.9383	1.3000	23.9	2	3	4.10
7	기타 반도체 소자 제조업	867	67,811	19.7	152,622	11286	0.46	0.0200	0.0010	1.8	1	2	4.10
8	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4,128	0.2	1	2	21.13	21.0528	21.1250	22.7	2	3	3.62
9	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	12.7	3,954	379	1.39	0.0237	0.0013	7.0	1	4	3.42
10	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10,714	11.7	1,785	972	1.39	0.0412	0.1000	7.1	1	4	3.18
11	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	1.5	9	14	6.91	2.3314	4.2200	18.4	2	3	3.01
12	완제 의약품 제조업	305	37,002	2.2	268	79	2.01	0.0070	0.0013	14.3	2	3	2.30
13	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	12.3	26,223	1152	0.29	0.0046	0.0010	1.8	1	2	2.19
14	생활용수 공급업	42	2,474	9.3	841	371	0.93	0.0426	0.1000	4.3	1	4	1.96
15	그 외 기타 전자 부품 제조업	5,423	87,738	9.5	16,140	752	0.55	0.0182	0.0013	3.1	1	2	1.74

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

37) 이산화질소

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

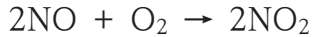
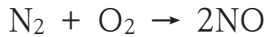
통제된 인간 노출 연구의 호흡기계 자극 영향에 기반하여 이산화질소(NO_2)의 노출기준은 TWA 0.2 ppm이 권장된다. 이 값은 비천식 환자와 천식 환자 모두를 호흡기계 영향으로부터 보호한다. 천식 환자는 비천식 환자보다 낮은 노출기준이 필요하다. 명확하지 않은 인간 연구를 바탕으로, 발암성은 A4(사람에게 발암성으로 분류되지 않은 물질)로 지정되었다.

경미한 천식 환자와 비천식 환자를 대상으로 한 이산화질소에 대한 통제된 인간 노출 연구는 천식 환자와 비천식 환자 모두에서 단기적인 호흡기 자극 영향이 관찰되지 않는 노출 수준과 단기적이고 부정적인 호흡기 영향이 처음으로 관찰되는 수준을 확인했다. 휴식 시 0.1 ppm에 노출된 비천식 환자와 경미한 천식 환자에서는 아무런 영향도 관찰되지 않았으며, 간헐적인 가벼운 운동과 함께 0.2 ppm에 노출된 천식 환자에서는 기관지 반응성의 통계적으로 유의한 증가가 관찰되지 않았다. 경미한 천식 환자는 0.26 ppm에 노출된 후 기관지 폐포 세포에서 아급성 효과가 관찰될 수 있다. 경미한 천식 환자는 간헐적인 운동과 함께 0.6 ppm에 75분 동안 노출된 후 아무런 증상이나 폐기능 변화가 없었다. 그러나 0.4 ppm에 3시간 동안 노출된 후, 경미한 천식 환자는 집먼지 진드기 항원 흡입 도전에 대한 기도 반응성이 증가했다. 비천식 환자가 휴식 시 1시간 동안 2 ppm에 노출된 결과 메타콜린 기도 반응성이 증가했으며, 이 농도에서 비천식 환자에서 다른 효과도 관찰되었다.

STEL, Skin, SEN 표기와 관련된 충분한 데이터는 없다.

고온에서 질소와 산소를 가열하면 여러 가지 질소 산화물(아산화질소(N_2O), 일산화질소(NO), 이산화질소(NO_2), 삼산화이질소(N_2O_3), 사산화이질소(N_2O_4), 오산화이질소(N_2O_5), 종종 NO_x 로 통칭됨)로 전환된다. 먼저 2,100-2,400°C의 온도에서 생성되는 것은 NO 로, 이는 빠르게 NO_2 로 산화

되며, 이는 인간 노출 관점에서 가장 중요한 종류이다.

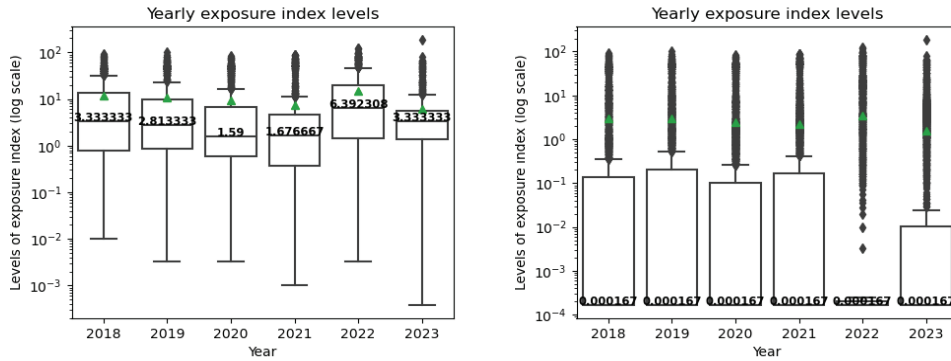


NO₂에 대한 직업적 노출의 가장 빈번한 원천은 자동차와 고정식 발전소의 연료 연소이다. 다른 일반적인 원인으로는 질산으로 금속을 절단하거나 식각하는 작업, 아세틸렌 및 전기 절단 및 용접, 그리고 최근 저장된 농업 사일로 의 발효가 있다. 이는 공기보다 무겁기 때문에 밀폐된 공간의 바닥에 축적된다. 담배 연기에도 NO₂가 포함되어 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 21,971건이며, 물질명 오류 1건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가시간 미충족 자료 0건(직독식 장비사용이 있어서 평가시간의 기록이 크게 의미없음)과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 2 ppm~3 ppm, STEL 5 ppm) 자료 0건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 21,970건이었으며, TWA 평가자료 21,896건, STEL 평가자료 74건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 16,159건(73.8%)이었고, STEL 자료에서 70건(94.6%)이었다.

이산화질소의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 산술평균 노출지수는 2.58%였으며, 기하평균 노출지수는 0.0021% 였다. 최대 노출지수는 186%였으며, 95% 상위 노출지수는 13.45% 수준이었다.



[그림 III-40] 이산화질소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 최대 기하평균 노출지수는 25.4% 였고, 95% tile은 최대 80%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 2개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 62.63% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 3개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 50~100% 범위에 있는 업종은 4개 였으며, 10~50% 4개 업종, 1~10% 5개 업종이었고 나머지는 1% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 84.37% 였고, 50~100% 범위에 있는 업종은 9개, 10~50% 범위에 있는 업종은 6개 였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 1.54~10.0이 었다. 주요 등급은 4등급 3개 업종, 3등급 9개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 9개, 2등급 3개, 1등급 3개 업종 이었다.

〈표 III-217〉 이산화질소의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	3304	2433	73.6	3.04	10.14	0.0022	84.13	0.0002	0.0002	93.33	17.10
2019	3490	2518	72.1	2.97	10.35	0.0025	86.37	0.0002	0.0002	100.00	16.07
2020	3726	2745	73.7	2.42	9.39	0.0020	69.01	0.0002	0.0002	85.19	9.86
2021	3612	2553	70.7	2.21	9.43	0.0024	71.31	0.0002	0.0002	90.00	8.52
2022	3760	2917	77.6	3.41	12.07	0.0017	78.30	0.0002	0.0002	122.10	20.77
2023	4004	2993	74.8	1.55	6.42	0.0019	69.50	0.0002	0.0002	186.14	6.40
합계	21896	16159	73.8	2.58	9.76	0.0021	76.01	0.0002	0.0002	186.14	13.45

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-218〉 이산화질소의 측정건수 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	강선 건조업	2596	76573	41.3	37767	8167	0.00	0.00	0.0002	1.14	0.0002	0.0002	0.3
2	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57184	20.8	210481	3093	2.74	6.38	0.0197	128.01	0.0300	0.0002	70.0
3	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	1.2	2612	1309	0.15	1.12	0.0003	10.45	0.0002	0.0002	33.3
4	제철업	21	756	0.7	8788	1187	6.16	11.82	0.3235	75.28	2.3367	0.0002	186.1
5	기타 일반 기계 및 장비 수리업	2676	19673	3.8	1397	564	0.00		0.0002	1.00	0.0002	0.0002	0.0
6	석회석 및 점토 광업	145	1838	34.0	955	494	49.87	19.57	25.4326	17.14	50.0000	0.0002	100.0
7	화학 발전업	35	3557	1.2	288	445	0.18	0.27	0.0111	34.66	0.0867	0.0002	1.7
8	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	2.2	23495	430	0.24	1.38	0.0003	8.43	0.0002	0.0002	13.3
9	기타 육상 운송지원 서비스업	1320	8768	26.7	415	394	0.90	2.89	0.0007	35.27	0.0002	0.0002	21.9
10	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	1.7	2336	391	9.56	7.41	4.8485	10.39	7.9154	0.0002	50.4
11	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	4.8	1406	320	1.43	3.56	0.0073	100.44	0.0002	0.0002	47.5
12	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업	252	4551	3.2	1062	308	3.88	4.58	0.9363	22.98	2.2233	0.0002	41.0
13	자동차 임대업	2006	6290	23.2	194	303	0.02	0.25	0.0002	2.21	0.0002	0.0002	3.7
14	수상 화물 취급업	346	19173	2.0	204	273	1.22	1.66	0.1441	41.91	0.8458	0.0002	20.2
15	기타 발전업	402	29181	3.8	3302	246	0.31	0.52	0.0104	49.72	0.0928	0.0002	3.4

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-219〉 이산화질소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	그 외 기타 비금속광물 광업	30	93	0.3	3	2	62.80	6.63	62.63	1.08	62.80	58.1177	67.5	67.02	70.8
2	철 광업	6	166	1.8	130	26	54.69	12.15	53.46	1.24	53.33	35.4167	85.4	74.90	75.7
3	시멘트 제조업	329	8631	0.8	22	19	54.29	14.57	52.56	1.29	48.75	33.3333	82.5	79.13	79.5
4	금속광물 도매업	368	883	0.2	1	1	50.00		50.00	1.00	50.00	50.0000	50.0	50.00	50.0
5	건설용 석재 채굴 및 채석 생산업	350	3292	0.7	6	5	51.04	13.32	49.58	1.28	50.62	33.7458	67.5	65.99	74.1
6	석회 및 플라스터 제조업	91	2116	3.2	198	46	47.72	9.02	46.96	1.19	46.67	30.0000	76.7	68.33	62.7
7	석회석 및 점토 광업	145	1838	34.0	955	494	49.87	19.57	25.43	17.14	50.00	0.0002	100.0	80.00	2726.0
8	비철금속 광업	22	171	1.5	74	16	46.30	24.74	10.42	65.58	43.33	0.0002	90.0	84.37	10147.4
9	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	1.7	2336	391	9.56	7.41	4.85	10.39	7.92	0.0002	50.4	23.60	228.0
10	기타 전문 서비스업	83	1967	0.7	282	45	4.73	3.50	2.40	9.07	3.76	0.0002	12.1	11.03	90.3
11	항공 및 육상 화물 취급업	4130	39550	0.7	32	16	1.84	0.80	1.56	1.98	1.97	0.2867	3.0	2.68	4.8
12	산업용 트럭 및 적재기 제조업	210	2472	1.2	578	83	7.83	9.26	1.50	36.76	5.29	0.0002	44.5	32.66	562.0
13	공공관계 서비스업	458	6343	0.8	20	80	1.53	1.17	1.07	2.55	1.28	0.1260	5.1	3.66	5.0
14	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업	252	4551	3.2	1062	308	3.88	4.58	0.94	22.98	2.22	0.0002	41.0	12.54	162.5
15	기타 교육지원 서비스업	3482	14684	0.2	19	10	0.89	0.25	0.86	1.30	0.77	0.6573	1.3	1.25	1.3

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-220〉 이산화질소의 95%tile 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	비철금속 광업	22	171	1.5	74	16	46.30	24.74	10.42	65.58	43.33	0.0002	90.0
2	석회석 및 점토 광업	145	1838	34.0	955	494	49.87	19.57	25.43	17.14	50.00	0.0002	100.0
3	시멘트 제조업	329	8631	0.8	22	19	54.29	14.57	52.56	1.29	48.75	33.3333	82.5
4	철 광업	6	166	1.8	130	26	54.69	12.15	53.46	1.24	53.33	35.4167	85.4
5	석회 및 플라스터 제조업	91	2116	3.2	198	46	47.72	9.02	46.96	1.19	46.67	30.0000	76.7
6	그 외 기타 비금속광물 광업	30	93	0.3	3	2	62.80	6.63	62.63	1.08	62.80	58.1177	67.5
7	건설용 석재 채굴 및 쇄석 생산업	350	3292	0.7	6	5	51.04	13.32	49.58	1.28	50.62	33.7458	67.5
8	그 외 기타 부류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4128	0.8	40	10	19.67	25.50	0.03	477.68	0.00	0.0002	53.3
9	금속광물 도매업	368	883	0.2	1	1	50.00		50.00	1.00	50.00	50.0000	50.0
10	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	1.0	61	27	8.31	14.23	0.04	192.79	0.03	0.0002	50.0
11	환경설비 건설업	932	6626	1.0	65	12	7.88	15.47	0.16	142.24	1.94	0.0002	50.7
12	산업용 전력 및 적재기 제조업	210	2472	1.2	578	83	7.83	9.26	1.50	36.76	5.29	0.0002	44.5
13	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	1.7	2336	391	9.56	7.41	4.85	10.39	7.92	0.0002	50.4
14	제철업	21	756	0.7	8788	1187	6.16	11.82	0.32	75.28	2.34	0.0002	186.1
15	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57184	20.8	210481	3093	2.74	6.38	0.02	128.01	0.03	0.0002	70.0
													15.10
													57.5

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-221〉 이산화질소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재기업※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	석회석 및 점토 광업	145	1,838	34.0	955	494	49.87	25.4326	50.0000	80.0	3	4	10.00
2	강선 건조업	2,596	76,573	41.3	37,767	8167	0.00	0.0002	0.0002	0.0	1	2	6.74
3	기타 육상 운송지원 서비스업	1,320	8,768	26.7	415	394	0.90	0.0007	0.0002	6.8	1	2	4.45
4	비철금속 광업	22	171	1.5	74	16	46.30	10.4188	43.3333	84.4	3	3	4.30
5	시멘트 제조업	329	8,631	0.8	22	19	54.29	52.5617	48.7500	79.1	3	3	3.88
6	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57,184	20.8	210,481	3093	2.74	0.0197	0.0300	15.1	2	4	3.86
7	철 광업	6	166	1.8	130	26	54.69	53.4607	53.3333	74.9	3	3	3.82
8	석회 및 플라스틱 제조업	91	2,116	3.2	198	46	47.72	46.9592	46.6667	68.3	3	4	3.68
9	자동차 임대업	2,006	6,290	23.2	194	303	0.02	0.0002	0.0002	0.0	1	2	3.42
10	건설용 석재 채굴 및 채석 생산업	350	3,292	0.7	6	5	51.04	49.5838	50.6187	66.0	3	3	3.09
11	그 외 기타 비금속광물 광업	30	93	0.3	3	2	62.80	62.6295	62.8046	67.0	3	3	3.09
12	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4,128	0.8	40	10	19.67	0.0257	0.0002	51.8	3	3	2.31
13	금속광물 도매업	368	883	0.2	1	1	50.00	50.0000	50.0000	50.0	3	3	2.08
14	기타 토목 시설물 건설업	25,370	259,316	1.0	61	27	8.31	0.0397	0.0333	39.2	2	3	1.61
15	환경설비 건설업	932	6,626	1.0	65	12	7.88	0.1602	1.9417	37.9	2	3	1.54

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

38) 일산화탄소

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

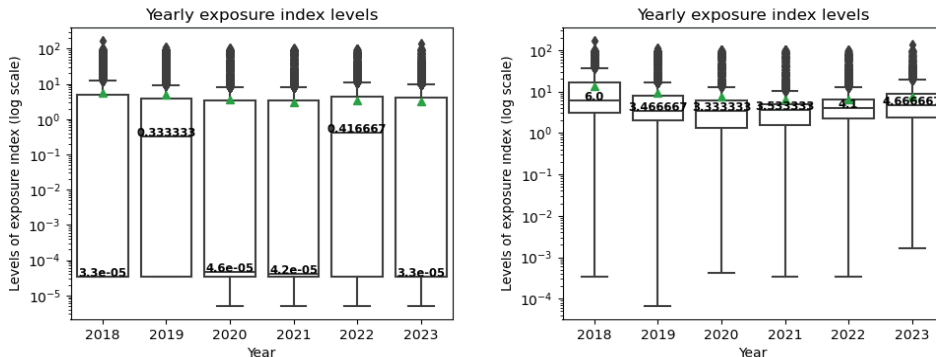
일산화탄소의 노출기준은 TWA 25 ppm이 권장된다. 이 값은 혈중 카복시 헤모글로빈(COHb) 수치를 3.5% 이하로 유지하여 잠재적으로 유해한 신경 행동 변화를 최소화하고 심혈관 작업 및 운동 능력을 유지하는 데 목적이 있다. 또한 임신 중인 근로자(즉, 태아)와 만성 심장 및 호흡기 질환이 있는 사람들을 포함하여 일산화탄소 노출의 유해한 영향을 특히 잘 받을 수 있는 사람들에게 안전 여유를 제공해야 한다. 디클로로메탄은 체내에서 일산화탄소로 대사되며, 디클로로메탄과 일산화탄소에 동시에 노출될 경우 COHb 수치가 추가적으로 상승하므로, 노출을 평가할 때 Additive Effects 공식을 사용해야 한다. 피부, 감작성, 또는 발암성 표기나 STEL을 권장할 데이터는 충분하지 않다. 일산화탄소는 생물학적 노출지표(BEI)가 권장되는 물질이다.

일산화탄소는 주로 거의 모든 탄소 함유 물질의 불완전 연소 산물로서, 특히 내연기관의 배기가스로 인해 발생한다. 이러한 엔진을 환기가 불충분한 밀폐된 공간에서 작동시키는 것은 중요한 직업적 노출 원인이다. 고농도 일산화탄소는 철강 산업의 고로 작업에서 자주 발생한다. 공간 난방기, 잘못된 조정된 석유 또는 가스 버너, 건물 화재도 일산화탄소 노출의 흔한 원인이다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 112,883건이며, 물질명 오류 109건, 횡수조정 13건 및 TWA 평가시간 미충족 0건(직독식 장비 사용)과 노출기준 불인정(TWA 인정 범위: 20 ppm~30 ppm, STEL 200 ppm) 자료 211건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 112,550건이었으며, TWA 평가자료 109,325건, STEL 평가자료 3,225건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 57,053건(52.2%)이었고, STEL 자료에서 1,758건(54.5%)이었다.

일산화질소의 연도별 측정건수는 증가하고 있으며, '22~'23년에 크게 증가하였다. 산술평균 노출지수는 3.79% 였으며, 기하평균 노출지수는 0.0087% 였다. 최대 노출지수는 167.9% 였으며, 95% 상위 노출지수는 16.67% 수준이었다.



[그림 III-41] 일산화탄소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 최대 기하평균 노출지수는 3.16% 였고, 95% tile은 최대 37.78%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 없었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 83.33% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 7개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 50~100% 범위에 있는 업종은 2개, 10~50% 범위에는 11개, 10% 미만은 2개 업종이 있었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 96.67% 였고, 모든 업종의 95% 상위 노출지수는 50~100% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.26~10.21 이었다. 주요 등급은 4등급 6개 업종, 3등급 6개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 11개, 2등급 1개, 1등급 3개 업종이었다.

〈표 III-222〉 일산화탄소의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	12335	7183	58.2	5.54	13.19	0.0053	419.43	0.0000	0.0000	167.92	33.33
2019	16277	7786	47.8	4.84	12.40	0.0146	366.02	0.3333	0.0000	108.61	25.07
2020	16114	8116	50.4	3.68	10.25	0.0097	325.52	0.0000	0.0000	100.00	15.67
2021	16866	9058	53.7	2.93	8.39	0.0066	310.40	0.0000	0.0000	100.00	12.98
2022	22831	10722	47.0	3.39	7.61	0.0154	338.33	0.4167	0.0000	97.50	14.00
2023	24902	14188	57.0	3.26	7.57	0.0052	347.67	0.0000	0.0000	135.82	14.77
합계	109325	57053	52.2	3.79	9.73	0.0087	352.67	0.0000	0.0000	167.92	16.67

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-223〉 일산화탄소의 측정건수 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	12.2	149753	15881	0.06	0.33	0.0001	9.41	0.0000	0.0000	6.3	0.17	0.0022
2	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	5.3	6995	10165	5.32	7.14	3.1595	4.63	3.9100	0.0000	95.2	16.44	39.3776
3	강선 건조업	2596	76573	42.0	37815	9521	8.54	14.62	0.0307	563.08	2.5333	0.0000	100.0	37.78	10276678
4	제철업	21	756	2.2	19753	8948	4.73	5.28	1.3171	27.33	3.3333	0.0000	83.3	14.50	304.0765
5	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57184	21.0	210331	6896	2.86	4.48	0.1907	109.70	1.8667	0.0000	55.6	8.33	432.9161
6	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	14.8	30755	3085	0.27	3.66	0.0000	4.42	0.0000	0.0000	92.3	0.00	0.0005
7	지방법정 집행기관	14968	240788	5.2	4609	3042	4.29	8.64	0.0376	310.49	1.1200	0.0000	83.3	18.72	472.4979
8	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업	252	4551	5.0	1572	2862	0.60	1.64	0.0754	44.20	0.3333	0.0000	20.8	1.00	38.3836
9	유선 통신업	515	5676	48.5	3110	2528	0.72	1.83	0.0004	104.42	0.0000	0.0000	26.7	5.00	0.9273
10	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	2.5	2415	2353	5.58	8.33	2.7617	3.49	3.0739	0.0000	58.2	21.17	21.5613
11	자동차 임대업	2006	6290	23.2	194	2203	0.00		0.0000	1.00	0.0000	0.0000	0.0	0.00	0.0000
12	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	20.7	3077	1952	0.93	2.77	0.0002	70.92	0.0000	0.0000	40.0	6.33	0.2183
13	화력 발전업	35	3557	9.8	3086	1845	0.38	2.20	0.0001	14.86	0.0000	0.0000	33.3	0.67	0.0057
14	기타 일반 기계 및 장비 수리업	2676	19673	7.5	2078	1261	0.68	2.07	0.0001	51.28	0.0000	0.0000	16.7	5.27	0.0960
15	제강업	106	24410	14.8	8005	1215	4.39	9.21	0.0141	276.03	0.0500	0.0000	56.7	25.00	146.5087

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-224〉 일산화탄소의 기하평균 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	금속광물 도매업	368	883	0.2	1	1	83.33		83.33	1.00	83.33	83.3333	83.3
2	철 광업	6	166	1.8	130	26	66.76	15.13	65.11	1.25	64.17	43.3333	90.0
3	석회 및 플라스터 제조업	91	2116	3.8	208	62	55.71	27.58	45.72	2.05	60.00	8.3333	93.3
4	석회석 및 점토 광업	145	1838	34.2	957	511	64.13	26.51	34.71	15.53	70.00	0.0000	167.9
5	광업 지원 서비스업	15	135	0.5	32	5	29.33	5.96	28.84	1.20	30.00	23.3333	36.7
6	내연기관 제조업	330	5374	0.2	32	2	21.25	2.95	21.15	1.10	21.25	19.1667	23.3
7	시멘트 제조업	329	8631	1.2	31	21	66.27	27.34	18.13	67.98	71.25	0.0000	96.7
8	환경설비 건설업	932	6626	1.0	65	12	22.88	20.39	17.82	1.90	14.44	9.4500	67.1
9	석탄 광업	16	2365	5.0	2431	192	28.28	15.07	17.54	9.33	26.67	0.0000	93.3
10	동 주물 주조업	50	515	1.0	18	36	23.89	16.01	17.53	2.43	23.33	3.3333	60.0
11	항공기용 부품 제조업	237	10529	0.3	131	6	17.09	8.66	14.87	1.78	15.98	4.8000	30.2
12	특수학교	220	7523	0.2	14	2	12.50	5.89	11.79	1.41	12.50	8.3333	16.7
13	증류기, 열 교환기 및 가스 발생기 제조업	526	4596	0.2	7	11	12.42	4.49	11.67	1.43	10.00	6.6667	20.0
14	포장용 유리용기 제조업	57	2401	0.2	13	1	9.50		9.50	1.00	9.50	9.5000	9.5
15	도금업	2108	23683	0.3	4	4	9.17	1.67	9.04	1.19	10.00	6.6667	10.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-225〉 일산화탄소의 95%tile 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	석회석 및 점토 광업	145	1838	34.2	957	511	64.13	26.51	34.71	15.53	70.00	0.0000	167.9	96.67	3162.2
2	시멘트 제조업	329	8631	1.2	31	21	66.27	27.34	18.13	67.98	71.25	0.0000	96.7	93.75	18740.0
3	철 광업	6	166	1.8	130	26	66.76	15.13	65.11	1.25	64.17	43.3333	90.0	90.00	94.2
4	석회 및 플라스터 제조업	91	2116	3.8	208	62	55.71	27.58	45.72	2.05	60.00	8.3333	93.3	90.00	149.4
5	기타 비알코올 음료 제조업	514	6276	2.0	369	174	39.92	28.52	4.66	153.23	34.58	0.0000	96.7	88.11	18315.6
6	상업 및 정보산업 특성화 고등학교	247	7286	0.3	196	37	11.70	24.90	0.01	680.18	0.00	0.0000	100.0	85.00	605.2
7	금속광물 도매업	368	883	0.2	1	1	83.33		83.33	1.00	83.33	83.3333	83.3	83.33	83.3
8	건설용 석재 채굴 및 채석 생산업	350	3292	0.7	6	5	51.17	31.68	3.57	309.27	53.33	0.0000	86.2	81.75	44554.0
9	자동차 차체용 부품 제조업	4296	149959	7.8	3582	905	16.26	25.40	0.05	601.92	2.45	0.0000	91.7	75.00	2020.1
10	선철 주물 주조업	379	4903	7.8	405	426	14.72	21.94	0.47	253.25	7.92	0.0000	98.0	73.43	4249.6
11	공항 운영업	16	3331	1.0	89	117	14.28	20.62	2.75	47.23	8.30	0.0000	91.7	71.67	1560.2
12	지정 폐기물 처리업	244	1785	4.7	83	650	12.45	22.64	0.02	587.75	0.00	0.0000	91.7	70.83	571.9
13	지정 외 폐기물 수집, 운반업	2353	28800	1.3	45	47	19.97	28.69	0.00	903.60	0.00	0.0000	66.7	65.67	322.7
14	환경설비 건설업	932	6626	1.0	65	12	22.88	20.39	17.82	1.90	14.44	9.4500	67.1	65.48	51.1
15	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7091	46930	3.5	295	67	11.45	20.66	0.02	470.67	0.13	0.0000	79.5	64.17	605.9

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-226〉 일산화탄소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	석회석 및 점토 광업	145	1,838	34.2	957	511	64.13	34.7082	70.0000	96.7	3	4	10.21
2	강선 건조업	2,596	76,573	42.0	37,815	9521	8.54	0.0307	2.5333	37.8	2	4	8.64
3	유선 통신업	515	5,676	48.5	3,110	2528	0.72	0.0004	0.0000	5.0	1	2	8.16
4	석회 및 플라스틱 제조업	91	2,116	3.8	208	62	55.71	45.7207	60.0000	90.0	3	4	4.28
5	자동차 차체용 부품 제조업	4,296	149,959	7.8	3,582	905	16.26	0.0541	2.4500	75.0	3	4	4.25
6	선철 주물 주조업	379	4,903	7.8	405	426	14.72	0.4726	7.9167	73.4	3	4	4.16
7	기타 육상 운송지원 서비스업	1,320	8,768	27.3	513	443	0.08	0.0000	0.0000	0.0	1	2	4.00
8	시멘트 제조업	329	8,631	1.2	31	21	66.27	18.1344	71.2500	93.8	3	3	3.98
9	철 광업	6	166	1.8	130	26	66.76	65.1135	64.1667	90.0	3	3	3.91
10	기타 비알코올 음료 제조업	514	6,276	2.0	369	174	39.92	4.6553	34.5833	88.1	3	3	3.84
11	지정 폐기물 처리업	244	1,785	4.7	83	650	12.45	0.0159	0.0000	70.8	3	4	3.45
12	상업 및 정보산업 특성화 고등학교	247	7,286	0.3	196	37	11.70	0.0133	0.0000	85.0	3	3	3.37
13	건설용 석재 채굴 및 쇄식 생산업	350	3,292	0.7	6	5	51.17	3.5668	53.3333	81.7	3	3	3.27
14	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	397	57,184	21.0	210,331	6896	2.86	0.1907	1.8667	8.3	1	2	3.26
15	금속광물 도매업	368	883	0.2	1	1	83.33	83.3333	83.3333	83.3	3	3	3.26

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

39) 황화수소

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

TWA 1 ppm과 STEL 5 ppm은 황화수소의 노출기준으로 권장된다. 이러한 값은 단일 및 반복 노출 후 유사한 질적 및 양적 반응을 보여주는 동물 및 인간 데이터를 바탕으로 도출되었다.

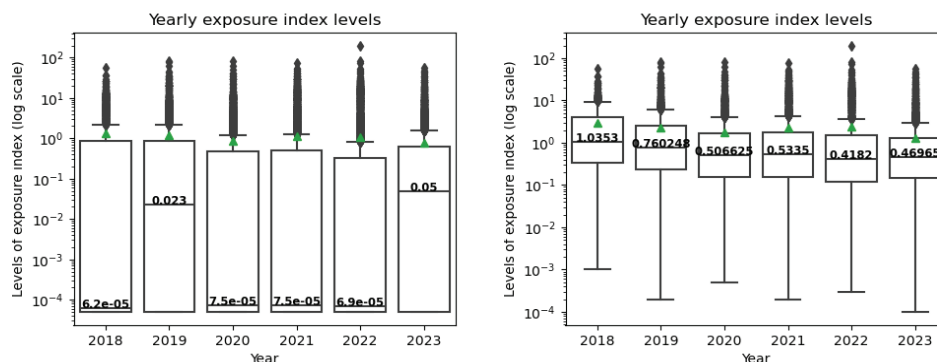
황화수소가 중요한 생리적 기능을 가진 내인적으로 생성된 물질로 기능한다는 합의가 증가하고 있음에도 불구하고, 1,000-2,000 ppm 농도는 동물과 인간 모두에게 의식 상실과 잠재적 치명성을 초래할 수 있다. 100-1,000 ppm 농도는 일반적으로 호흡기, 중추 신경 및 심혈관 시스템에 심각한 영향을 미쳤다. 150-200 ppm 농도에서는 인간에게 후각 피로가 발생했다. 5-30 ppm 사이에서는 동물과 인간 모두에게 중간 정도의 눈 자극이 발생했다. 5 또는 10 ppm의 황화수소에 단기적(15~30분)으로 노출된 운동 중인 사람들에게서 대사 변화가 나타났다. 74명의 건강한 피험자를 대상으로 한 연구에서는 5 ppm에 단일 노출된 후 불안 관련 증상이 증가했지만 0.05 또는 0.5 ppm의 황화수소에는 그렇지 않았다. 단기 인간 노출에 대한 용량 반응 곡선의 시작점은 약 5 ppm인 것으로 보인다. 또한 동물이 20 ppm 이상의 농도로 황화수소에 노출되었을 때 대사 변화가 나타났다. 낮은 농도에서의 황화수소 부작용에 대한 보고가 있었으나, 이는 다른 황화합물에 동시 노출된 경우였다. 또한, 여러 보고서에서는 부작용을 명확히 정의했으나 이를 황화수소 노출과 정량적으로 연결하지 못하였다. 따라서 TWA 1 ppm은 황화수소의 모든 원치 않는 영향을 방지하기에 충분해야 한다. 5 ppm의 피크 노출은 경미한 자극과 산소 섭취의 일시적 변화를 초래할 수 있으나 호흡기, 중추 신경 또는 심혈관 시스템에 더 심각한 영향을 미치지 않는 것이다. 따라서 STEL 5 ppm이 권장된. 황화수소는 매우 악취가 나므로 냄새 불만을 방지하기 위해 노출기준 이하로 노출을 제어할 필요가 있을 수 있다. 피부, 감각성 및 발암성 표시를 권장할 데이터는 충분하지 않다.

황화수소는 분석 화학에서 시약으로 널리 사용되었으며 중수 제조에도 사용되고, 원소 황의 원천이다. 그러나 황화수소에 대한 대부분의 직업적 노출은 석유, 천연가스, 토양, 하수 가스 및 온천에서 발생하며, 비스코스 레이온 및 특정 가죽 태닝 공정과 제지 및 펄프 공정과 같은 화학 반응의 부산물로 발생한다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 36,037건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 3건 및 TWA 평가 시간 미충족 0건(직독식 장비사용)과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 6.66 ppm~10 ppm, STEL 15 ppm) 자료 116건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 35.918건이었으며, TWA 평가자료 34.174건, STEL 평가자료 1.744건이었다. 불검출 값은 TWA 자료에서 16.965건(49.6%)이었고, STEL 자료에서 1.216건(69.7%)이었다.

황화수소의 연도별 측정건수는 '18년 약 3300건에서 '23년 약 7500건으로 증가하였다. 산술평균 노출지수는 1.02%였으며, 기하평균 노출지수는 0.0052% 였다. 최대 노출지수는 195% 였으며, 95% 상위 노출지수는 5.14% 수준이었다.



[그림 III-42] 황화수소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 최대 기하평균 노출지수는 0.012% 였고, 95% tile은 최대 11.52%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 1개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 4.40% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 10개가 포함되었다. 14개 업종의 기하평균 노출지수는 1~10% 범위에 해당하였고, 1개 업종은 1% 미만에 해당하였다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 37.50% 였고, 모든 업종의 95% tile은 10~50% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 3.41~11.38 이었다. 주요 등급은 4등급 5개 업종, 3등급 7개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 2등급 11개, 1등급 4개 업종이었다.

〈표 III-227〉 황화수소의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	3271	1752	53.6	1.34	3.29	0.0051	158.47	0.0001	0.0001	55.63	8.01
2019	4813	2293	47.6	1.19	3.58	0.0073	135.62	0.0230	0.0001	82.94	5.56
2020	5738	2944	51.3	0.85	2.91	0.0043	111.81	0.0001	0.0001	81.85	4.34
2021	6089	3121	51.3	1.13	3.78	0.0045	119.02	0.0001	0.0001	74.97	5.93
2022	6749	3717	55.1	1.07	4.42	0.0030	106.71	0.0001	0.0001	194.96	6.41
2023	7514	3138	41.8	0.76	2.42	0.0092	98.59	0.0500	0.0001	57.43	3.28
합계	34174	16965	49.6	1.02	3.46	0.0052	117.91	0.0020	0.0001	194.96	5.14

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-228〉 황화수소의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	원유 정제처리업	47	5043	8.0	11518	5909	0.97	2.30	0.0124	115.98	0.1256	0.0001	49.1	5.33	30.8592
2	유선 통신업	515	5676	48.3	2672	2432	0.19	0.76	0.0003	35.12	0.0001	0.0001	10.0	1.27	0.1136
3	하수 처리업	222	3659	89.8	2852	2278	0.85	3.25	0.0055	106.34	0.0095	0.0001	74.1	3.72	11.7932
4	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	21.0	7071	1741	0.95	2.66	0.0100	115.59	0.0880	0.0001	36.1	4.74	24.8002
5	폐수 처리업	268	2541	51.8	1118	1330	0.91	4.67	0.0022	90.22	0.0001	0.0001	82.9	2.95	3.6272
6	제철업	21	756	2.0	18567	1270	1.58	7.05	0.0891	55.98	0.3902	0.0001	195.0	5.76	66.8934
7	환경 관련 엔지니어링 서비스업	1642	15448	58.5	1345	1223	1.01	2.54	0.0059	131.62	0.0010	0.0001	26.1	5.63	17.9596
8	일반 통신 공사업	23792	59262	7.0	1664	875	0.09	1.40	0.0001	9.89	0.0001	0.0001	30.0	0.04	0.0050
9	기타 발전업	402	29181	10.0	5358	601	0.18	0.67	0.0007	41.68	0.0001	0.0001	7.4	1.00	0.3081
10	지정 외 폐기물 처리업	558	5209	23.7	760	582	1.59	4.03	0.0081	118.85	0.0203	0.0001	26.6	11.52	21.1085
11	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	0.3	2163	578	0.90	1.91	0.0045	149.14	0.0001	0.0001	21.6	4.72	17.0246
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	13.2	1488	476	1.33	3.92	0.0049	134.19	0.0001	0.0001	43.4	7.41	15.5163
13	종합병원	188	39908	32.3	34790	473	1.68	4.87	0.0071	126.81	0.0309	0.0001	34.9	10.00	20.3432
14	기타 환경 정화 및 복원업	720	6838	17.8	333	421	0.99	3.27	0.0019	112.75	0.0001	0.0001	22.0	3.75	4.4580
15	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	14.0	727	377	1.11	2.07	0.0109	150.46	0.1600	0.0001	14.7	4.76	41.5816

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-229〉 황화수소의 기하평균 상위 15 세제업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	비알코올 음료 도매업	1822	5965	0.3	9	3	8.58	6.97	4.40	4.43	12.57	0.5360	12.6
2	냉간 입연 및 압출 제품 제조업	40	1661	0.2	16	2	4.38	0.34	4.38	1.06	4.38	4.1425	4.6
3	비금속류 원료 재생업	783	5581	0.2	88	4	4.44	0.89	4.37	1.20	4.58	3.2849	5.3
4	제조업 회사 본부	1627	13935	0.2	22	8	4.50	1.43	4.27	1.40	5.08	2.2451	6.3
5	탄소섬유 제조업	16	66	0.2	6	2	4.14	0.22	4.14	1.04	4.14	3.9900	4.3
6	비료 및 농약 도매업	1539	2793	0.7	3	10	10.45	17.10	3.80	4.67	5.52	0.2150	57.4
7	도장 공사업	4731	10767	0.2	5	10	4.40	2.52	3.69	1.86	4.09	1.4760	7.9
8	농림업용 기계 및 장비 도매업	1188	2785	0.7	2	10	8.11	5.57	3.39	7.63	10.93	0.0427	14.6
9	생활용수 공급업	42	2474	1.2	72	24	9.11	7.78	2.97	15.47	9.71	0.0001	26.8
10	감광 재료 및 관련 화학제품 제조업	83	1522	0.3	16	2	2.12	2.03	1.56	2.28	2.12	0.6840	3.6
11	애완용 동물 및 관련용품 소매업	2192	4807	0.7	75	5	2.31	2.13	1.47	2.77	1.59	0.3410	5.4
12	한의학품 제조업	200	1810	0.5	28	4	1.67	0.99	1.47	1.66	1.43	0.8350	3.0
13	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	1.5	434	27	7.61	9.98	1.13	30.08	2.73	0.0001	35.5
14	기타 사무 지원 서비스업	4633	36961	0.3	400	6	1.83	1.88	1.10	2.80	0.90	0.3350	4.4
15	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업	1130	13047	0.2	27	2	1.56	1.77	0.93	3.02	1.56	0.3088	2.8

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-230〉 황화수소의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	비료 및 농약 도매업	1539	2793	0.7	3	10	10.45	17.10	3.80	4.67	5.52	0.2150	57.4	37.50	48.0
2	금속 단조제품 제조업	431	4287	0.8	121	10	6.53	20.07	0.00	198.66	0.00	0.0001	63.6	35.33	19.8
3	비주거용 부동산 관리업	17376	62404	0.7	282	12	5.97	13.98	0.04	163.87	0.18	0.0001	47.1	31.44	174.1
4	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	1.5	434	27	7.61	9.98	1.13	30.08	2.73	0.0001	35.5	30.23	304.3
5	기타 통신 판매업	940	15857	0.5	256	28	8.66	11.34	0.02	514.74	0.37	0.0001	33.3	29.65	707.0
6	수산물 건조 및 염장품 제조업	828	5260	2.0	60	13	4.86	10.75	0.02	184.08	0.11	0.0001	34.9	26.78	126.0
7	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	1480	24296	1.2	95	8	7.25	11.59	0.57	49.64	2.11	0.0001	33.6	26.51	352.0
8	곡물 혼합 분말 및 반죽 제조업	92	799	1.0	246	18	6.13	8.88	0.08	241.29	2.12	0.0001	27.1	26.46	652.4
9	생활용수 공급업	42	2474	1.2	72	24	9.11	7.78	2.97	15.47	9.71	0.0001	26.8	20.00	268.4
10	플라스틱 합성피혁 제조업	42	524	1.2	78	17	4.36	10.19	0.17	93.25	1.33	0.0001	42.0	18.35	287.4
11	섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업	1025	7819	3.0	91	26	4.09	6.14	0.16	132.98	1.66	0.0001	22.5	18.19	489.3
12	그 외 기타 축산업	650	2642	1.5	76	21	3.04	6.11	0.03	180.15	0.22	0.0001	20.2	17.68	156.0
13	직물, 편조 원단 및 의복류 염색 가공업	749	11539	3.2	160	55	2.93	8.65	0.00	160.04	0.00	0.0001	53.7	17.58	5.9
14	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	1.3	292	20	4.71	9.48	0.30	54.34	0.76	0.0001	39.7	17.32	215.1
15	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	116	1691	0.8	16	18	7.40	6.89	0.28	203.78	5.87	0.0001	18.3	17.14	1768.8

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-231〉 황화수소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	하수 처리업	222	3,659	89.8	2,852	2278	0.85	0.0055	0.0095	3.7	1	2
2	환경 관련 엔지니어링 서비스업	1,642	15,448	58.5	1,345	1223	1.01	0.0059	0.0010	5.6	1	4
3	폐수 처리업	268	2,541	51.8	1,118	1330	0.91	0.0022	0.0001	3.0	1	2
4	유선 통신업	515	5,676	48.3	2,672	2432	0.19	0.0003	0.0001	1.3	1	2
5	비료 및 농약 도매업	1,539	2,793	0.7	3	10	10.45	3.8022	5.5205	37.5	2	3
6	금속 단조제품 제조업	431	4,287	0.8	121	10	6.53	0.0033	0.0001	35.3	2	3
7	종합병원	188	39,908	32.3	34,790	473	1.68	0.0071	0.0309	10.0	2	4
8	비주거용 부동산 관리업	17,376	62,404	0.7	282	12	5.97	0.0396	0.1820	31.4	2	3
9	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	1.5	434	27	7.61	1.1260	2.7250	30.2	2	3
10	지정 외 폐기물 처리업	558	5,209	23.7	760	582	1.59	0.0081	0.0203	11.5	2	4
11	기타 통신 판매업	940	15,857	0.5	256	28	8.66	0.0245	0.3705	29.7	2	3
12	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	743	4,960	18.7	152	249	3.14	0.0214	0.1340	14.7	2	4
13	수산물 건조 및 염장품 제조업	828	5,260	2.0	60	13	4.86	0.0237	0.1110	26.8	2	3
14	육류 도축업(가금류 제외)	168	6,733	16.8	1,868	164	2.67	0.0410	0.2643	14.4	2	4
15	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	1,480	24,296	1.2	95	8	7.25	0.5713	2.1125	26.5	2	3

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

40) α -나프틸아민과 그염

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ILO-WHO 화학물질안전카드)

α -나프틸아민은 약염기성이며, 독특한 냄새가 나는 백색 결정이고, 공기, 빛 그리고 수분에 노출시 적색으로 바뀐다. 타면서 분해되어 질소 산화물 및 일산화탄소를 생성한다. 이 물질은 흡입, 피부 및 섭취에 의해 신체에 흡수될 수 있다. 단기 노출 영향으로, 눈 및 피부에 경미한 자극성이 있으며, 혈액에 영향을 줄 수 있다. 메타헤모글로빈의 형성을 유발할 수 있고, 영향이 지연되어 나타날 수 있다. 20℃에서 증발은 거의 발생하지 않지만, 공기 중 입자가 빠르게 유해 농도에 도달할 수 있다. ACGIH에서는 노출기준이 설정되어 있지 않으며, 국내의 노출기준은 TWA 0.006 mg/m³ 이다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 155건이며, 6년간 5개 사업장에서 평가되었고, 연간 16~36건의 TWA 측정자료가 있었다. 모든 측정결과는 불검출이었다.

41) 디아니시딘

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ILO-WHO 화학물질안전카드)

디아니시딘은 무색의 결정이며, 증기는 공기보다 무거우며 지상을 따라 움직일 수 있고, 원거리에서 발화를 일으킬 수 있다. 타면서 분해되어 질소 산화물을 포함하는 독성 흡을 발생시키며, 산화제와 반응할 수 있다. 흡입, 피부 및 섭취에 의해서 노출되어 신체에 흡수될 수 있다. 특히 분말 상태로 분사 또는 분산된 경우 부유 입자가 빠르게 유해 농도에 도달할 수 있고, 이 물질은 사람에게 발암성이 있는 것으로 보인다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 198건이며, 6년간 12개 사업장에서 평가되었고, 연간 17~45건의 TWA 측정자료가 있었다. 모든 측정결과는 불검출이었다.

42) 디클로로벤지딘과 그염

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ILO-WHO 화학물질안전카드)

3,3-디클로로벤지딘은 회색-보라색의 결정이며, 타면서 분해되어 질소 산화물과 염화수소를 포함하는 독성/부식성 흡을 발생시킨다. 에어로졸로 흡입되거나 피부 및 섭취에 의해서 신체에 흡수될 수 있다. 단기 노출시 영향으로 기도에 자극성이 있다. 20℃에서 증발은 거의 발생하지 않지만, 특히 분말 상태로 분사 시 공기 중 입자가 빠르게 유해 농도에 도달할 수 있다. 피부에 반복적 또는 장기간 접촉할 경우 피부염을 유발할 수 있고, 간에 영향을 줄 수 있다. 사람에게 발암성이 있는 것으로 분류된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 165건이며, 6년간 8개 사업장에서 평가되었고, 연간 26~30건의 TWA 측정자료가 있었다. 모두 TWA 평가자료이며, 162건 (98.2%)은 불검출이었다. 검출된 값은 0.00001~0.00004 mg/m³였다(국내 노출기준 없음).

43) 베릴륨 및 그 화합물

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

베릴륨과 관련된 작업장 노출의 주요 영향은 베릴륨 감작(Beryllium Sensitization, BeS)과 만성 베릴륨 질환(Chronic Beryllium Disease, CBD)이다. 감작은 일부 작업자에게서 발생하는 것으로 알려져 있으나, 이들을 사전에 식별하는 것은 불가능하다. 베릴륨 금속, 세라믹, 또는 합금을 제조하거나 사용하는 공장에서의 노출 평가 데이터는 감작이 발생하는 작업자와 발생하지 않는 작업자 사이에서 작업장 노출 농도 또는 계산된 평생 가중 평균(LTW) 노출에 대한 명확한 차별화가 나타나지 않았다. 더 많은 연구들이 BeS와 잠재적 또는 임상적 CBD의 발생과 관련된 작업장 노출 수준에 관한 정보를 제공하고 있다. 베릴륨 가공 공장에서 27명의 베릴륨 감작 개인 중 10명이 $0.2 \mu\text{g Be}/\text{m}^3$ 이하의 LTW 평균 노출을 보였다. 이 중 3명의 사례는 평균 LTW 노출이 0.05에서 $0.1 \mu\text{g Be}/\text{m}^3$ 사이였고, 7명의 사례는 0.1에서 $0.2 \mu\text{g Be}/\text{m}^3$ 사이였으며, 나머지 17명은 $0.2 \mu\text{g Be}/\text{m}^3$ 이상이었다. 따라서, $0.05 \mu\text{g Be}/\text{m}^3$ 의 TWA는 베릴륨 감작 인구를 보호할 수 있을 것으로 예상된다. 사용 가능한 데이터에 따르면 이 수준에서는 베릴륨 감작이나 질환의 발생이 매우 낮거나 전혀 발생하지 않는다. 이 TWA를 적용할 때는 장기 평균 농도를 기준으로 한다는 점을 염두에 두어야 한다.

베릴륨 입자가 상기도, 기도, 폐 영역 및 위장관에서 면역 관련 세포와 상호 작용할 수 있는 잠재성으로 인해, TWA는 흡입된 베릴륨 입자 물질에 적용된다. Schuler 등(2005)은 베릴륨 합금 공장에서 BeS와 CBD의 위험이 증가한 것은 $0.2 \mu\text{g Be}/\text{m}^3$ 이상의 총 입자 물질 비율과 관련이 있음을 제안했다. 해당 비율은 BeS와 CBD가 유의하게 증가한 직무 범주에서는 25%였으며, 위험이 증가하지 않은 직무 범주에서는 7% 이하였다. 이 전체 교대 데이터는 피크 노출이 BeS의 중요한 기여 요인일 수 있음을 시사하지만, STEL을 뒷받침하기에는 충분하지 않다. 그러나 이러한 가능성을 고려하여 엄격한 초

과 방지 지침을 준수하면 BeS의 위험을 최소화할 수 있다. RSEN 및 DSEN 표시는 흡입 및 피부 경로를 통한 베릴륨 노출이 일부 노출된 개인의 혈액 및 폐의 림프구 감작을 초래한다는 상당한 증거가 있기 때문에 입증되었다. 베릴륨에 대한 면역 반응은 세포 매개 면역이며, 베릴륨에 감작된 개인은 CBD 발병 위험이 있다는 데이터가 있다. 인간의 일부 증거는 가용성 베릴륨 화합물에 대한 피부 노출이 베릴륨 감작을 초래할 수 있음을 나타낸다. Tinkle 등(2003)은 불용성 입자가 인간 시신 피부의 진피층에 침투할 수 있음을 증명했으며, 불용성 화합물과의 피부 접촉이 쥐에서 감작을 초래할 수 있음을 보여주었다. 피부 노출의 중요성에 대한 추가 증거는 공기 중 베릴륨 수준이 감소했음에도 불구하고 새로운 BeS 사례가 보고된 최근 연구들에서 나온다. 따라서, 피부 표기도 할당된다. 산업 위생사는 작업장에서 베릴륨 함유 먼지의 표면 오염을 최소화하는 것이 권장되며, 이는 이 경로를 통한 피부 노출과 감작 가능성, 상처를 통한 베릴륨 흡수 및 가라앉은 먼지의 재부유로 인한 베릴륨 흡입을 방지하는 데 도움이 될 것이다.

베릴륨 입자 이송을 방지하기 위한 행정적 및 공학적 제어(예: 에어 샤워)와 결합하여 피부 노출을 줄이거나 방지함으로써 베릴륨 노출 제어를 강화하는 노력은 BeS 발생률을 매우 낮은 수준으로 감소시켰다. 잠복기 때문에 CBD의 미래 발생률에 대한 결론을 내리기에는 아직 이르다. 베릴륨의 발암성에 대한 역학적 평가 해석에 대해 많은 논란이 있다. 그러나 1950년대 이전의 높은 노출이 폐암 발생 증가와 관련이 있다는 증거가 있으며, 베릴륨이 동물에서 암을 유발한다는 증거도 있다. 따라서, 베릴륨 금속 및 화합물에 대해 A1(확인된 인간 발암 물질) 표기가 할당되었다.

현재 추정치에 따르면 미국에서 정부와 민간 산업에 종사하는 약 134,000명의 근로자가 베릴륨에 잠재적으로 노출될 수 있다. 1996년 기준으로 미국에는 베릴륨 광산이 두 곳밖에 없었으며, 근로자 수는 200명 미만으로 추정되었다. 이러한 추정치는 미국의 이전 베릴륨 근로자나 전 세계의 현재 또는 이전 베릴륨 근로자를 포함하지 않는다. 베릴륨은 자연적으로 규산염인 베르트

란다이트와 알루미늄실리케이트인 베릴(beryl)로 존재한다. 베르트란다이트와 베릴 먼지에 대한 노출은 광석 파쇄 및 분쇄 중에 발생하나, 이러한 광석은 베릴륨 감각(BeS)의 원인으로 간주되지 않는다. 베릴륨 염(황산염, 탄산암모늄, 탄산베릴륨, 그리고 다소 적은 양의 수산화베릴륨)에 대한 노출은 금속을 광석에서 추출하는 동안 발생할 수 있다. 이러한 염들은 베릴륨 추출 중 감각의 주요 잠재적 원인으로 간주된다.

수산화베릴륨은 베릴륨 산화물, 금속, 그리고 구리 베릴륨 마스터 합금(4% 베릴륨) 생산의 원료이다. 베릴륨 산화물(BeO)은 저항기 코어, 레이저 튜브, 회로 칩 캐리어용 세라믹에 사용되며, 산화물에 대한 노출은 세라믹의 생산 및 가공 중에 발생할 수 있다. 금속 베릴륨은 항공 우주 산업의 구조 재료로 사용되며, 광범위한 군사 응용 분야를 가지고 있다. 구리 베릴륨 합금은 전자 산업에서 널리 사용되며, 알루미늄 베릴륨 합금은 항공기 구조 부품에 사용된다. 금속 또는 베릴륨 합금의 제조, 가공, 연삭 또는 연마 중에 순수 금속이나 베릴륨 합금에 대한 흡입 및 피부 노출이 발생할 수 있다.

전 세계 베릴륨 생산량은 1998년 약 7,230 톤에서 2000년 3,100 톤으로 감소했다. 베릴륨의 주요 생산국은 미국(총 생산량의 60% 이상)과 러시아이다(U.S. GS, 2006).

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 586건이며, 모두 TWA 평가자료였다. 연간 72~95건이 평가되었으며, 불검출 값은 513건(87.5%)이었다.

44) 벤조트리클로라이드

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

직업적 벤조트리클로라이드 노출에 대해 Ceiling 0.1 ppm 이 권장된다. 이 값은 눈, 피부, 및 호흡기 자극의 가능성을 최소화하기 위한 것이며, 마우스 피부 도포 생체검사에서 피부, 폐, 및 흉선 종양이 발생한 것을 기반으로 Skin 표기가 할당되었다. 이러한 데이터와 종양이 여러 부위에서 발생한 12개월 마우스 흡입 노출 연구를 종합하면, A2(인간 발암성 의심 물질)로 지정할 수 있다. 감작성 표기를 권장하기에는 충분한 데이터가 없다.

벤조트리클로라이드는 자외선 하에서 100-140°C의 온도에서 톨루엔을 염소화하여 상업적으로 생산되며, 매년 미국, 독일, 프랑스, 벨기에, 영국, 일본에서 수백만 파운드가 생산된다. 벤조트리클로라이드는 화학 중간체로 사용되며, 주로 벤조일 클로라이드와 벤조일 퍼옥사이드 생산, 최소한 여덟 가지 다른 염료의 합성, 그리고 벤조트리플루오라이드 및 하이드록시벤조페논 자외선 안정제 제조에 사용된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료가 없어서, 최근 6년간 작업환경측정을 한 사업장은 없는 것으로 판단된다.

45) 비소및그무기화합물

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

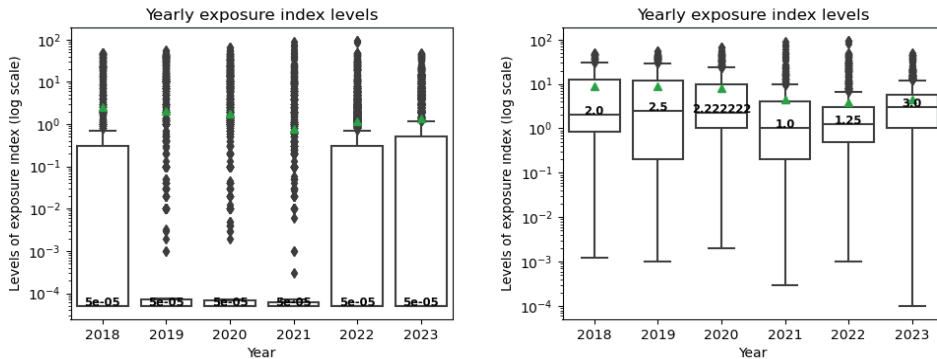
TWA 0.01 mg/m³(as As)이 원소 비소와 그 무기 화합물(아르신 제외)에 대한 직업적 노출기준으로 권장된다. 이 값은 피부, 간, 말초 혈관, 상기도 및 폐, 그리고 암을 포함한 부작용의 가능성을 최소화하기 위한 것이다. 비소가 인간 발암 물질이라는 단일의 중요하고 결정적인 증거에 따라 A1(확인된 인간 발암 물질)으로 지정되었다. 따라서 모든 경로를 통한 작업자 노출은 노출 기준 이하로 가능한 한 낮게 엄격히 관리해야 한다. 피부 또는 감작성 표기나 STEL을 권장하기에는 충분한 데이터가 없다. 비소는 생물학적 노출 지수(BEIs)가 권장된 물질이다.

원소 또는 금속 비소는 중금속의 합금제로, 특수 땀납, 실리콘 및 게르마늄 고체 제품의 도핑제로 사용된다. 아세나이트는 중요한 제초제였으며 황화물은 안료와 살서제로 사용되며 불꽃놀이에 사용되고, 크로뮴 동 비소산염과 암모니아 동 비소산염은 목재 방부제로 사용된다. 비소 삼염화물(끓는점 130.5°C의 액체)은 화학 합성에 사용되나, 기체 상태의 삼불화 비소 및 오불화 비소는 상업적 용도로 중요하지는 않은 것으로 보인다. 액체 비소산(H₂AsO₄)은 특수 유리 산업에서 용융 유리의 정화 및 기타 용도로 사용되며, 살충제로 사용되는 무기 비소 화합물에는 비소산 납, 비소산 칼슘, 비소산 나트륨이 포함된다. 반도체 산업에서는 갈륨 비소가 집적 회로, 태양 전지, 레이저에 사용되며, 납-안티몬-비소 합금은 납산 저장 배터리를 만드는 데 사용된다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 16,439건이며, 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.006 mg/m³~0.01 mg/m³) 자료 5건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 16,434건이었으며, 불검출 값은 12,168건(74.0%)이었다.

비소의 연도별 측정건수는 '18년 약 1100건에서 '23년 약 4500건으로 증가하였다. 산술평균 노출지수는 1.44%였으며, 기하평균 노출지수는 0.0008% 였다. 최대 노출지수는 94% 였으며, 95% 상위 노출지수는 7.5% 수준이었다.



[그림 III-43] 비소의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 기하평균 노출지수 최대값은 0.16% 였고, 95% tile은 최대 39.64%였다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 44.91% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 6개가 포함되었다. 기하평균 노출지수가 1~10% 범위에 있는 업종은 4개 였으며, 나머지 1% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 81.87% 였고, 나머지 14개 업종은 10~50% 범위에 있었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 1.86~7.50이 었다. 주요 등급은 4등급 4개 업종, 3등급 5개 업종, 2등급 6개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 1개, 2등급 7개, 1등급 7개 업종 이었다.

〈표 III-232〉 비소의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	1066	756	70.9	2.56	7.99	0.0011	144.94	0.0001	0.0001	49.00	22.22
2019	1736	1324	76.3	2.12	7.18	0.0006	95.85	0.0001	0.0001	56.00	14.29
2020	2765	2154	77.9	1.74	6.35	0.0005	88.87	0.0001	0.0001	66.90	11.74
2021	2544	2100	82.5	0.77	4.41	0.0003	44.90	0.0001	0.0001	89.60	3.00
2022	3803	2644	69.5	1.18	4.99	0.0011	109.96	0.0001	0.0001	94.00	4.90
2023	4520	3190	70.6	1.33	3.96	0.0011	130.30	0.0001	0.0001	49.00	7.00
합계	16434	12168	74.0	1.44	5.45	0.0008	101.26	0.0001	0.0001	94.00	7.50

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-233〉 비소의 측정건수 상위 15 세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	화학 발전업	35	3557	8.8	4471	3479	0.98	2.97	0.0006	93.49	0.0001	0.0001	44.0
2	기타 발전업	402	29181	6.7	3797	3461	0.70	1.81	0.0007	91.76	0.0001	0.0001	18.8
3	기타 반도체 소자 제조업	867	67811	12.7	80296	1320	0.20	1.75	0.0001	10.06	0.0001	0.0001	40.0
4	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1115	1.0	950	1167	9.14	12.88	0.1612	252.55	2.5000	0.0001	49.3
5	완제 의약품 제조업	305	37002	10.7	2901	487	0.42	1.65	0.0006	65.28	0.0001	0.0001	26.6
6	그 외 기타 건축 마무리 공사업	2758	12624	3.8	1012	434	0.08	0.20	0.0013	42.84	0.0001	0.0001	1.0
7	기타 엔지니어링 서비스업	7588	81902	2.5	177	392	0.01	0.17	0.0001	2.46	0.0001	0.0001	3.0
8	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	6.3	25253	333	0.68	2.57	0.0023	81.28	0.0001	0.0001	24.0
9	사업시설 유지·관리 서비스업	12746	124451	3.8	368	284	0.08	1.31	0.0001	3.32	0.0001	0.0001	22.0
10	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	54	2955	4.0	2545	282	1.22	3.88	0.0031	151.24	0.0001	0.0001	30.0
11	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	3.3	284	250	4.03	7.99	0.0146	295.62	0.2000	0.0001	47.5
12	화장품 제조업	1674	31472	7.5	1204	199	0.82	5.34	0.0003	35.73	0.0001	0.0001	53.7
13	산업 생산시설 종합 건설업	4532	47658	2.3	88	163	0.02	0.05	0.0001	11.95	0.0001	0.0001	0.4
14	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	5.2	1586	144	1.01	4.13	0.0004	62.46	0.0001	0.0001	25.0
15	합금철 제조업	78	1320	1.0	140	137	3.07	9.31	0.0003	68.14	0.0001	0.0001	46.3

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-234〉 비소의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
													X _{0.95} e
1	기타 산업용 유리제품 제조업	202	2902	0.7	25	14	53.26	22.90	44.91	2.03	56.55	8.0000	89.6
2	종합병원	188	39908	0.2	2167	2	9.00	4.24	8.49	1.41	9.00	6.0000	12.0
3	조경 건설업	11271	26752	0.2	9	7	8.00	2.71	7.54	1.43	9.00	4.0000	11.0
4	기타 가공식품 도매업	7048	27006	0.3	4	6	5.40	4.08	2.33	5.69	7.50	0.2000	9.0
5	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	0.3	30	20	14.87	12.69	1.89	92.44	13.50	0.0001	40.8
6	금속 탱크 및 저장 용기 제조업	780	5351	0.5	36	10	8.98	5.85	0.91	136.43	10.06	0.0001	17.7
7	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1115	1.0	950	1167	9.14	12.88	0.16	252.55	2.50	0.0001	49.3
8	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	342	2709	0.5	7	25	5.49	6.97	0.10	236.28	1.43	0.0001	22.9
9	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4128	1.0	53	57	2.32	3.13	0.03	224.11	1.00	0.0001	14.0
10	농림수산업 및 수의학 연구개발업	291	2230	0.3	88	4	0.30	0.47	0.03	42.25	0.10	0.0001	1.0
11	기타 환경 정화 및 복원업	720	6838	0.7	41	18	3.22	4.67	0.03	274.50	1.00	0.0001	13.0
12	디스플레이 장치용 유리 제조업	10	20	0.2	433	2	2.90	4.10	0.02	340.59	2.90	0.0001	5.8
13	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	3.3	284	250	4.03	7.99	0.01	295.62	0.20	0.0001	47.5
14	표면 광택제 및 실내 기향제 제조업	242	1540	1.0	10	22	2.48	7.39	0.01	160.17	0.12	0.0001	34.4
15	위생용 종이제품 제조업	553	8121	0.2	10	1	0.01		0.01	1.00	0.01	0.0100	0.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-235〉 비소의 95%tile 상위 15 세사업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	기타 산업용 유리제품 제조업	202	2902	0.7	25	25	14	53.26	22.90	44.91	2.03	56.55	8.0000	89.6	81.87
2	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1115	1.0	950	950	1167	9.14	12.88	0.16	252.55	2.50	0.0001	49.3	39.64
3	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	0.3	30	30	20	14.87	12.69	1.89	92.44	13.50	0.0001	40.8	34.54
4	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	2079	26484	3.8	308	308	102	4.47	13.46	0.00	180.66	0.00	0.0001	94.0	30.55
5	문구용 종이제품 제조업	400	3009	0.2	3	3	4	8.75	17.50	0.00	323.10	0.00	0.0001	35.0	29.75
6	공공관계 서비스업	458	6343	1.2	93	93	48	3.56	9.99	0.00	78.95	0.00	0.0001	39.5	29.29
7	합금철 제조업	78	1320	1.0	140	140	137	3.07	9.31	0.00	68.14	0.00	0.0001	46.3	23.42
8	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	3.3	284	284	250	4.03	7.99	0.01	295.62	0.20	0.0001	47.5	23.18
9	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	2.0	1223	1223	103	3.42	13.62	0.00	113.70	0.00	0.0001	93.1	22.10
10	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	342	2709	0.5	7	7	25	5.49	6.97	0.10	236.28	1.43	0.0001	22.9	18.00
11	금속 탱크 및 저장 용기 제조업	780	5351	0.5	36	36	10	8.98	5.85	0.91	136.43	10.06	0.0001	17.7	16.82
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	2.5	667	667	86	2.59	6.01	0.00	189.02	0.00	0.0001	26.3	15.00
13	기타 환경 정화 및 복원업	720	6838	0.7	41	41	18	3.22	4.67	0.03	274.50	1.00	0.0001	13.0	12.15
14	기정용 유리제품 제조업	68	607	1.0	61	61	60	2.91	8.77	0.00	188.35	0.00	0.0001	56.0	12.10
15	종합병원	188	39908	0.2	2167	2167	2	9.00	4.24	8.49	1.41	9.00	6.0000	12.0	11.70

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-236〉 비소의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	기타 산업용 유리제품 제조업	202	2,902	0.7	25	14	53.26	44.9146	56.5500	81.9	3	3	7.50
2	기타 반도체 소자 제조업	867	67,811	12.7	80,296	1320	0.20	0.0001	0.0001	0.0	1	2	5.28
3	완제 의약품 제조업	305	37,002	10.7	2,901	487	0.42	0.0006	0.0001	2.2	1	2	4.49
4	화력 발전업	35	3,557	8.8	4,471	3479	0.98	0.0006	0.0001	6.0	1	4	3.94
5	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	2,079	26,484	3.8	308	102	4.47	0.0011	0.0001	30.5	2	4	3.90
6	동 제련, 정련 및 합금 제조업	26	1,115	1.0	950	1167	9.14	0.1612	2.5000	39.6	2	3	3.38
7	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5,309	3.3	284	250	4.03	0.0146	0.2000	23.2	2	4	2.90
8	화장품 제조업	1,674	31,472	7.5	1,204	199	0.82	0.0003	0.0001	2.3	1	2	2.89
9	기타 발전업	402	29,181	6.7	3,797	3461	0.70	0.0007	0.0001	4.0	1	2	2.64
10	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	0.3	30	20	14.87	1.8939	13.5000	34.5	2	3	2.53
11	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	6.3	25,253	333	0.68	0.0023	0.0001	4.0	1	2	2.47
12	공공관계 서비스업	458	6,343	1.2	93	48	3.56	0.0003	0.0001	29.3	2	3	2.42
13	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6,321	2.0	1,223	103	3.42	0.0007	0.0001	22.1	2	4	2.11
14	문구용 종이제품 제조업	400	3,009	0.2	3	4	8.75	0.0016	0.0001	29.8	2	3	1.95
15	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12,890	5.2	1,586	144	1.01	0.0004	0.0001	3.8	1	2	1.86

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

46) 염화비닐

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

간암, 특히 혈관육종의 가능성을 최소화하기 위해 염화비닐에 대한 직업적 노출기준으로 TWA 1 ppm이 권장된다. 인간 사례 보고서와 염화비닐 노출과 간암 간의 연관성을 입증하는 역학 연구의 명확한 결과를 바탕으로 비닐 클로라이드에는 A1(확인된 인간 발암 물질) 표기가 할당되었다. 피부 또는 감작성 표기나 STEL을 권장하기에는 충분한 데이터가 없다.

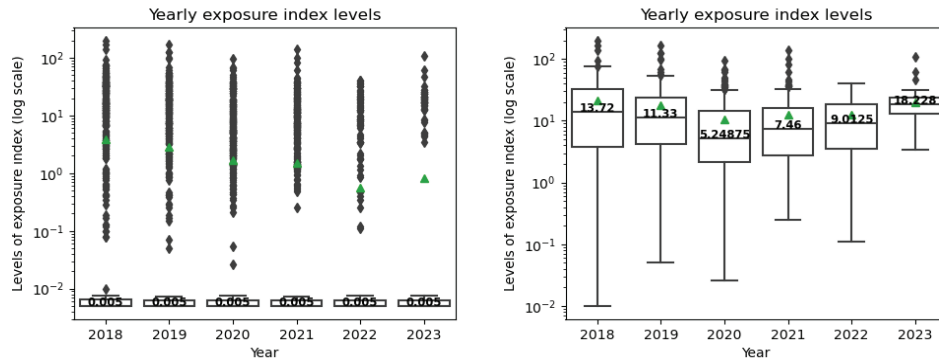
미국에서 염화비닐 생산량은 1988년에 91억 파운드였으며 1993년에는 약 137.5억 파운드로 증가했다. 미국 국립 직업안전보건연구소(NIOSH)는 1990년에 미국 내 3,711개의 시설에서 일하는 81,314명의 근로자가 매일 염화비닐에 잠재적으로 노출된다고 추정했다. 비닐 클로라이드의 주요 용도는 폴리염화비닐(PVC) 수지 제조를 위한 원료이며, 유기 합성 및 비닐 클로라이드-비닐 아세테이트 공중합체 생산에도 사용되었다. 주요 최종 제품으로는 자동차 부품 및 액세서리, 가구, 포장재, 파이프, 벽지, 와이어 코팅이 있다. 염화비닐을 에어로졸 추진제, 냉매, 또는 의약품이나 화장품 성분으로 사용하는 것은 1974년 미국에서 금지되었다. 염화비닐은 상온 및 대기압에서 기체이기 때문에, 직업적 노출의 일반적인 경로는 흡입이다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 8,568건이며, 물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 2건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.66 ppm~1 ppm) 자료 30건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 8,536건이었으며, 불검출 값은 7,544건(88.4%)이었다.

염화비닐의 연도별 측정건수는 약 1300~1600건 이었고, 산술평균 노출지수는 1.84%였으며, 기하평균 노출지수는 0.0125% 였다. 불검출을 대체한 값

이 0.005%로 다른 물질들보다 높은 경향이 있다. 최대 노출지수는 197% 였으며, 95% 상위 노출지수는 12.37% 수준이었다.



[그림 III-44] 염화비닐의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 기하평균 노출지수 최대값은 0.0284% 였고, 95% tile은 최대 28.81%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 1개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 13.28% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 3개가 포함되었다. 14개 업종의 기하평균 노출지수는 1% 미만이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 82.45% 였다. 나머지 14개 업종의 95% 상위 노출지수는 8~29% 였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 1.06~10.98 이었다. 주요 등급은 4등급 4개 업종, 3등급 6개 업종, 2등급 5개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 1개, 2등급 9개, 1등급 5개 업종이었다.

〈표 III-237〉 영화비닐의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	1313	1074	81.8	3.84	13.35	0.0211	19.28	0.0050	0.0050	197.33	31.01
2019	1336	1121	83.9	2.90	11.05	0.0177	16.02	0.0050	0.0050	167.16	19.74
2020	1450	1221	84.2	1.69	6.65	0.0158	12.93	0.0050	0.0050	95.12	10.62
2021	1542	1357	88.0	1.51	7.00	0.0127	10.50	0.0050	0.0050	138.45	9.72
2022	1572	1501	95.5	0.57	3.51	0.0074	4.56	0.0050	0.0050	40.96	0.01
2023	1323	1270	96.0	0.81	5.06	0.0075	4.87	0.0050	0.0050	109.09	0.01
합계	8536	7544	88.4	1.84	8.39	0.0125	10.73	0.0050	0.0050	197.33	12.37

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-238〉 영화비닐의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	40.0	4533	2826	4.33	13.26	0.0284	24.96	0.0050	0.0050	197.3	28.81	5.6519
2	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	1.0	862	474	0.79	2.88	0.0106	8.58	0.0050	0.0050	18.8	7.30	0.3627
3	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	1437	15949	15.8	358	470	0.22	1.57	0.0075	3.24	0.0063	0.0050	17.8	0.01	0.0519
4	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8066	57750	18.0	334	421	0.12	1.01	0.0069	2.68	0.0063	0.0050	12.7	0.01	0.0348
5	플라스틱 필름 제조업	1472	17435	11.7	327	257	0.24	1.08	0.0082	4.53	0.0063	0.0050	10.0	1.33	0.0988
6	기타 절연선 및 케이블 제조업	1317	17107	10.7	722	252	0.07	0.56	0.0060	2.26	0.0050	0.0050	7.7	0.01	0.0227
7	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	1336	15648	10.3	176	226	0.25	1.63	0.0076	3.84	0.0056	0.0050	20.3	0.01	0.0697
8	절연 코드세트 및 기타 도체 제조업	443	4467	4.0	66	219	0.01	0.00	0.0050	1.02	0.0050	0.0050	0.0	0.01	0.0052
9	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	1.5	981	186	3.74	10.04	0.0440	28.18	0.0050	0.0050	66.7	22.43	10.6769
10	기타 인쇄업	5377	35293	6.2	457	175	0.31	0.98	0.0121	7.26	0.0059	0.0050	7.3	2.35	0.3146
11	전기회로 개폐, 보호 장치 제조업	1534	22953	2.5	127	172	0.13	1.16	0.0057	2.48	0.0050	0.0050	14.5	0.01	0.0252
12	벽 및 바닥 피복용 플라스틱 제품 제조업	145	2947	1.7	184	160	0.60	2.60	0.0088	5.23	0.0063	0.0050	14.8	0.50	0.1332
13	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	1480	24296	3.5	109	157	0.97	5.42	0.0091	5.05	0.0066	0.0050	46.1	0.01	0.1299
14	그 외 기타 의료용 기기 제조업	1364	20210	2.0	191	137	0.01	0.00	0.0056	1.15	0.0050	0.0050	0.0	0.01	0.0071
15	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	94	1163	1.0	41	137	0.01	0.00	0.0050	1.02	0.0050	0.0050	0.0	0.01	0.0052

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-239〉 영화비닐의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	기타 인쇄물 출판업	688	5981	0.2	99	4	15.90	9.16	13.28	1.94	16.54	4.5520	26.0
2	수상 화물 취급업	346	19173	1.0	31	22	5.10	8.32	0.23	36.00	1.30	0.0063	36.9
3	기타 가죽제품 제조업	461	2745	1.2	20	28	2.73	4.64	0.09	28.66	0.01	0.0050	20.1
4	기타 공동 주택 건설업	10618	183694	0.3	12	4	24.25	48.50	0.06	71.89	0.01	0.0050	97.0
5	벽지 및 장판지 제조업	78	1258	0.2	10	6	0.96	1.49	0.05	18.26	0.01	0.0050	3.1
6	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	1.5	981	186	3.74	10.04	0.04	28.18	0.01	0.0050	66.7
7	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	4.5	74	126	3.89	9.50	0.03	25.87	0.01	0.0050	43.4
8	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	40.0	4533	2826	4.33	13.26	0.03	24.96	0.01	0.0050	197.3
9	기타 신발 제조업	498	5163	1.0	8	26	0.91	2.03	0.02	15.56	0.01	0.0050	8.3
10	그 외 기타 가구 제조업	511	3387	1.0	75	22	1.42	3.95	0.02	12.31	0.01	0.0063	15.0
11	반도체 제조용 기계 제조업	3408	35358	3.2	62	48	1.87	5.29	0.02	14.72	0.01	0.0050	26.0
12	기타 공학 연구개발업	1395	37470	1.5	392	30	2.32	6.44	0.02	15.42	0.01	0.0050	24.9
13	합성섬유 제조업	271	8399	2.3	557	96	2.06	7.26	0.01	13.05	0.01	0.0050	41.0
14	기타 인쇄업	5377	35293	6.2	457	175	0.31	0.98	0.01	7.26	0.01	0.0050	7.3
15	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	1100	6387	1.0	25	20	1.09	3.47	0.01	9.62	0.01	0.0050	13.7
													8.27
													0.5

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-240〉 영화비닐의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	기타 공동 주택 건설업	10618	183694	0.3	12	4	24.25	48.50	0.06	71.89	0.01	0.0050	97.0	82.45	66.9
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	40.0	4533	2826	4.33	13.26	0.03	24.96	0.01	0.0050	197.3	28.81	5.7
3	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	4.5	74	126	3.89	9.50	0.03	25.87	0.01	0.0050	43.4	28.47	6.4
4	기타 인쇄물 출판업	688	5981	0.2	99	4	15.90	9.16	13.28	1.94	16.54	4.5520	26.0	25.03	39.5
5	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	1.5	981	186	3.74	10.04	0.04	28.18	0.01	0.0050	66.7	22.43	10.7
6	기타 공학 연구개발업	1395	37470	1.5	392	30	2.32	6.44	0.02	15.42	0.01	0.0050	24.9	18.61	1.4
7	산업 생산시설 종합 건설업	4532	47658	0.3	30	12	3.26	11.29	0.01	11.91	0.01	0.0050	39.1	17.60	0.6
8	합성섬유 제조업	271	8399	2.3	557	96	2.06	7.26	0.01	13.05	0.01	0.0050	41.0	14.20	1.0
9	그 외 자동차용 부품 부품 제조업	4427	71377	1.8	25	39	1.46	4.39	0.01	11.04	0.01	0.0050	17.0	13.63	0.6
10	수상 화물 취급업	346	19173	1.0	31	22	5.10	8.32	0.23	36.00	1.30	0.0063	36.9	13.01	81.9
11	반도체 제조용 기계 제조업	3408	35358	3.2	62	48	1.87	5.29	0.02	14.72	0.01	0.0050	26.0	12.21	1.4
12	그 외 기타 가구 제조업	511	3387	1.0	75	22	1.42	3.95	0.02	12.31	0.01	0.0063	15.0	10.69	1.1
13	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	1268	14936	0.8	15	10	1.81	5.72	0.01	11.68	0.01	0.0050	18.1	9.96	0.6
14	지정 외 폐기물 처리업	558	5209	0.7	12	30	1.62	6.46	0.01	7.75	0.01	0.0063	31.8	9.18	0.3
15	기타 가죽제품 제조업	461	2745	1.2	20	28	2.73	4.64	0.09	28.66	0.01	0.0050	20.1	8.89	22.2

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-241〉 영화배원의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	40.0	4,533	2826	4.33	0.0284	0.0050	28.8	2	4
2	기타 공동 주택 건설업	10,618	183,694	0.3	12	4	24.25	0.0590	0.0050	82.5	3	3
3	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3,050	38,486	4.5	74	126	3.89	0.0302	0.0050	28.5	2	4
4	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	8,066	57,750	18.0	334	421	0.12	0.0069	0.0063	0.0	1	2
5	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	1,437	15,949	15.8	358	470	0.22	0.0075	0.0063	0.0	1	2
6	플라스틱 필름 제조업	1,472	17,435	11.7	327	257	0.24	0.0082	0.0063	1.3	1	2
7	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6,321	1.5	981	186	3.74	0.0440	0.0050	22.4	2	3
8	기타 인쇄물 출판업	688	5,981	0.2	99	4	15.90	13.2784	16.5405	25.0	2	3
9	기타 절연선 및 케이블 제조업	1,317	17,107	10.7	722	252	0.07	0.0060	0.0050	0.0	1	2
10	기타 공학 연구개발업	1,395	37,470	1.5	392	30	2.32	0.0150	0.0050	18.6	2	3
11	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	1,336	15,648	10.3	176	226	0.25	0.0076	0.0056	0.0	1	2
12	합성섬유 제조업	271	8,399	2.3	557	96	2.06	0.0150	0.0050	14.2	2	4
13	반도체 제조용 기계 제조업	3,408	35,358	3.2	62	48	1.87	0.0168	0.0061	12.2	2	4
14	산업 생산시설 종합 건설업	4,532	47,658	0.3	30	12	3.26	0.0106	0.0050	17.6	2	3
15	그 외 자동차용 부품 제조업	4,427	71,377	1.8	25	39	1.46	0.0116	0.0050	13.6	2	3

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

47) 콜타르피치 휘발물

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

콜타르피치 휘발물에 대한 직업적 노출기준으로 0.2 mg/m^3 의 TWA가 권장된다. 이 값은 폐 및 기타 종양의 발생률 증가 가능성을 최소화하기 위한 것이다. 콜타르피치 에어로졸의 발암 효과를 유발하는 구성 요소에 대한 보다 확정적인 정보가 없는 상황에서, 벤젠(또는 기타 적절한 용매)에 용해 가능한 콜타르의 분획에 기반한 노출기준이 가장 실용적인 권장 사항으로 간주된다. 콜타르피치 휘발물은 개인 샘플러에 의해 수집된 "전체" 공기 중 입자의 벤젠(또는 사이클로헥산) 추출 분획으로 적용상(operational)로 정의된다. 추출된 물질에 벤조[a]안트라센, 벤조[b]플루오란텐, 크리센, 안트라센, 벤조[a]피렌(B[a]P), 페난트렌, 아크리딘 또는 피렌이 검출되는 경우, 해당 물질에 대한 TWA는 "전체" 에어로졸로서 0.2 mg/m^3 이다. 위의 물질이 검출되지 않으면, 공기 중 오염은 아스팔트 연무의 TWA인 흡입성 에어로졸로서 0.5 mg/m^3 , 또는 기타 명시되지 않은 불용성 입자(PNOS)의 TWA인 흡입성 에어로졸로서 10 mg/m^3 에 따라 평가된다. 벤젠 추출물로 처리된 석탄 타르 및 석탄 타르 에어로졸의 피부, 폐, 신장 종양이 동물에서 입증되었고, 코크스 오븐 및 알루미늄 냄비 작업자에서 신장 및 폐암의 유병률이 높은 것을 기반으로, A1(확인된 인간 발암물질) 표기가 할당되었다. 피부 또는 감작성 표기나 STEL을 권장하기에는 충분한 데이터가 없다.

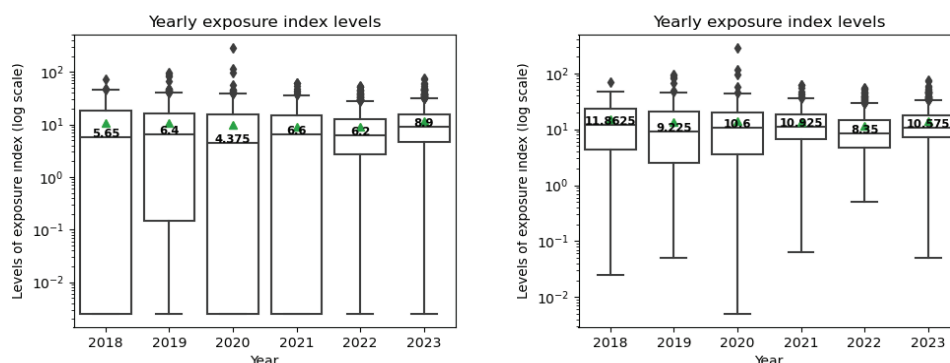
석탄 타르는 코팅 및 페인트의 기초로, 지붕 덮기 및 포장용으로, 알루미늄 제련에 사용되는 탄소 전극의 결합제로 사용되었고, 아스팔트 제품에서 오염 물질로 자주 발견되었다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 3,796건이며, 측정기관에서 입력한 물질명에는 COE, 휘발성콜타르피치(코크스) 등도 포함되어 있었고, 이러한 자료들은 모두 포함시

켰다. 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 6건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $0.133 \text{ mg/m}^3 \sim 0.2 \text{ mg/m}^3$) 자료 0건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 3,790건이었으며, 불검출 값은 937건(24.7%)이었다.

콜타르피치 휘발물의 연도별 측정건수는 약 560~690건 이었다. 산술평균 노출지수는 10.16%였으며, 기하평균 노출지수는 1.1% 였다. 불검출을 대체한 값은 0.0025% 수준으로 유기화합물 등에 비해서는 다소 높은 편이었다. 최대 노출지수는 284.8% 였으며, 95% 상위 노출지수는 33.55% 수준이었다.



[그림 III-45] 콜타르피치 휘발물의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 기하평균 노출지수의 최대값은 16.94% 였고, 95% tile은 최대 40.58%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 1개 있었다. 기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 24.08% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 6개가 포함되었다. 나머지 14개 업종의 기하평균 노출지수는 7~20% 수준이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 44.30% 였고, 나머지 14개 업종의 95% 상위 노출지수는 29~44% 수준이었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 0.52~5.13이 었다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 7개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 모두 2등급 이었다.

〈표 III-242〉 쿨타르피치 휘발물의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	560	158	28.2	10.85	12.76	0.7808	47.65	5.6500	0.0025	70.78	37.06
2019	600	120	20.0	10.85	13.54	1.2144	32.11	6.4000	0.0025	96.40	35.94
2020	614	183	29.8	9.93	16.78	0.6484	46.53	4.3750	0.0025	284.80	33.55
2021	691	227	32.9	8.96	9.97	0.6566	52.20	6.6000	0.0025	61.85	27.93
2022	692	142	20.5	9.03	9.53	1.6046	28.51	6.2000	0.0025	54.50	27.86
2023	633	107	16.9	11.68	11.19	2.6412	24.83	8.9000	0.0025	76.50	34.04
합계	3790	937	24.7	10.16	12.45	1.1006	38.73	6.7250	0.0025	284.80	33.55

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-243〉 콜타르피치 휘발물의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	제철업	21	756	0.7	8788	668	6.86	12.85	0.1284	54.97	0.1200	0.0025	96.0
2	제강업	106	24410	7.7	2021	490	10.99	7.38	8.5406	2.49	8.6500	0.0025	40.4
3	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	3.3	283	365	15.86	21.14	2.0281	40.31	11.5500	0.0025	284.8
4	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	2.8	5839	346	10.26	9.81	2.0951	25.62	7.4000	0.0025	45.5
5	합금철 제조업	78	1320	3.7	657	316	12.15	7.05	10.2060	1.86	10.7000	1.0000	42.6
6	열간 압연 및 압출제품 제조업	238	24282	0.3	2163	309	2.60	9.24	0.0838	21.55	0.1000	0.0025	96.4
7	코크스 및 관련제품 제조업	16	390	1.0	116	249	5.33	8.86	0.0754	59.63	0.0025	0.0025	37.0
8	기타 제철 및 제강업	113	7494	2.3	1388	209	20.91	9.65	16.9406	2.87	19.8500	0.0025	47.1
9	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4128	1.0	270	107	11.01	13.35	0.3341	73.21	3.5625	0.0025	45.8
10	기타 일반 기계 및 장비 수리업	2676	19673	1.3	191	98	8.68	7.99	1.0871	40.16	7.1250	0.0025	34.7
11	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	1.8	641	78	13.75	12.40	2.7741	28.49	9.7750	0.0025	41.3
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	0.7	92	74	9.35	9.04	4.9885	5.81	6.1750	0.0025	33.6
13	부정형 내화 요업제품 제조업	311	4326	2.0	718	71	9.88	14.09	0.9350	41.43	6.0000	0.0025	85.5
14	기타 비철금속 제련 정련 및 합금 제조업	170	5309	0.8	85	59	13.63	7.08	9.3965	5.05	12.1000	0.0025	30.7
15	기타 석유 정제를 재처리업	88	1286	0.8	202	56	6.27	8.95	0.1949	60.29	2.6500	0.0025	34.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-244〉 콜타르피치 휘발물의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	건축물 일반 청소업	23398	170628	0.5	8	10	28.57	14.80	24.08	1.90	33.25	6.2500	47.0	44.09	69.3
2	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	342	2709	0.2	32	8	20.74	5.05	20.20	1.26	22.00	14.6154	29.2	27.51	29.6
3	기타 제철 및 제강업	113	7494	2.3	1388	209	20.91	9.65	16.94	2.87	19.85	0.0025	47.1	36.20	95.8
4	기타 1차 비철금속 제조업	146	1583	0.5	34	12	20.27	13.31	16.03	2.08	15.18	3.6000	43.1	40.62	53.3
5	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	0.3	2	2	22.60	23.97	14.95	2.65	22.60	5.6500	39.6	37.86	74.1
6	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	8307	77221	0.2	8	4	13.68	7.05	11.51	1.96	15.45	3.6500	20.2	19.51	34.8
7	합금철 제조업	78	1320	3.7	657	316	12.15	7.05	10.21	1.86	10.70	1.0000	42.6	24.96	28.4
8	포장 및 충전업	1772	17999	1.0	38	31	14.85	13.74	10.13	2.41	8.85	1.5500	45.8	44.30	43.1
9	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	170	5309	0.8	85	59	13.63	7.08	9.40	5.05	12.10	0.0025	30.7	27.09	134.7
10	제강업	106	24410	7.7	2021	490	10.99	7.38	8.54	2.49	8.65	0.0025	40.4	26.34	38.4
11	산업 생산시설 종합 건설업	4532	47658	0.7	61	10	9.99	7.84	8.01	1.89	6.95	3.3000	27.4	24.34	22.7
12	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	0.5	80	9	9.09	5.32	7.39	2.04	7.90	1.6500	16.4	16.25	23.8
13	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	0.3	95	8	8.60	4.50	7.36	1.84	8.75	2.0000	15.5	14.93	20.1
14	아스팔트 콘크리트 및 혼합제품 제조업	426	3450	0.8	4	6	7.62	2.23	7.35	1.31	7.60	4.9000	11.1	10.49	11.4
15	레미콘 제조업	1074	17812	1.3	12	21	8.11	4.85	7.15	1.62	7.45	3.1500	25.5	13.00	15.8

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-245〉 콜타르피치 휘발물의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)								X _{0.95e}	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max		X _{0.95}
1	포장 및 충전업	1772	17999	1.0	38	31	14.85	13.74	10.13	2.41	8.85	1.5500	45.8	44.30	43.1
2	건축물 일반 청소업	23398	170628	0.5	8	10	28.57	14.80	24.08	1.90	33.25	6.2500	47.0	44.09	69.3
3	기타 1차 비철금속 제조업	146	1583	0.5	34	12	20.27	13.31	16.03	2.08	15.18	3.6000	43.1	40.62	53.3
4	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10714	3.3	283	365	15.86	21.14	2.03	40.31	11.55	0.0025	284.8	40.58	887.0
5	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	0.7	37	12	13.42	17.47	0.24	96.45	3.88	0.0025	48.5	39.70	431.9
6	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4128	1.0	270	107	11.01	13.35	0.33	73.21	3.56	0.0025	45.8	37.99	390.0
7	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	0.3	2	2	22.60	23.97	14.95	2.65	22.60	5.6500	39.6	37.86	74.1
8	부정형 내화 요업제품 제조업	311	4326	2.0	718	71	9.88	14.09	0.93	41.43	6.00	0.0025	85.5	37.85	427.8
9	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12890	1.8	641	78	13.75	12.40	2.77	28.49	9.78	0.0025	41.3	37.55	685.8
10	그 외 기타 전기장비 제조업	2350	27510	1.3	125	35	10.31	12.98	0.51	63.30	8.00	0.0025	45.1	37.48	472.5
11	제철업	21	756	0.7	8788	668	6.86	12.85	0.13	54.97	0.12	0.0025	96.0	37.33	93.6
12	기타 제철 및 제강업	113	7494	2.3	1388	209	20.91	9.65	16.94	2.87	19.85	0.0025	47.1	36.20	95.8
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	3050	38486	0.7	92	74	9.35	9.04	4.99	5.81	6.18	0.0025	33.6	32.68	90.1
14	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8682	2.8	5839	346	10.26	9.81	2.10	25.62	7.40	0.0025	45.5	31.70	434.8
15	화물 운송 중개, 대리 및 관련 서비스업	10129	49088	0.3	37	17	15.55	11.99	2.16	44.45	17.40	0.0025	30.0	29.68	1108.6

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-246〉 콜타르피치 휘발물의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※			노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$			
1	제강업	106	24,410	7.7	2,021	490	10.99	8.5406	8.6500	26.3	2	4	5.13
2	기타 기초 무기화학 물질 제조업	423	10,714	3.3	283	365	15.86	2.0281	11.5500	40.6	2	4	2.96
3	합금철 제조업	78	1,320	3.7	657	316	12.15	10.2060	10.7000	25.0	2	4	2.04
4	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	245	8,682	2.8	5,839	346	10.26	2.0951	7.4000	31.7	2	4	1.92
5	기타 제철 및 제강업	113	7,494	2.3	1,388	209	20.91	16.9406	19.8500	36.2	2	4	1.89
6	부정형 내화 요업제품 제조업	311	4,326	2.0	718	71	9.88	0.9350	6.0000	37.9	2	4	1.76
7	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	827	12,890	1.8	641	78	13.75	2.7741	9.7750	37.6	2	4	1.61
8	포장 및 충전업	1,772	17,999	1.0	38	31	14.85	10.1333	8.8500	44.3	2	3	1.50
9	그 외 기타 전기장비 제조업	2,350	27,510	1.3	125	35	10.31	0.5142	8.0000	37.5	2	4	1.23
10	건축물 일반 청소업	23,398	170,628	0.5	8	10	28.57	24.0828	33.2500	44.1	2	3	1.11
11	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4,128	1.0	270	107	11.01	0.3341	3.5625	38.0	2	3	1.02
12	기타 토목 시설물 건설업	25,370	259,316	0.7	37	12	13.42	0.2351	3.8763	39.7	2	3	0.90
13	기타 1차 비철금속 제조업	146	1,583	0.5	34	12	20.27	16.0264	15.1750	40.6	2	3	0.85
14	제철업	21	756	0.7	8,788	668	6.86	0.1284	0.1200	37.3	2	3	0.73
15	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	0.3	2	2	22.60	14.9485	22.6000	37.9	2	3	0.52

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

48) 크롬광가공(열소성, 크롬산)

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(안전보건용어사전)

크롬광은 크롬이 자연 중에 존재하는 형태이며, 3가 크롬과 함께 철, 알루미늄, 마그네슘 등이 포함되어 있다. 크롬광 자체에 대한 노출은 3가 크롬으로 평가되어야 하지만, 크롬광을 공기 중에서 소다회와 석회와 함께 섞어서 소성하게 되면 6가 크롬으로 산화되게 되어 수용성과 불용성이 혼합된 크롬화합물이 된다. 크롬광에 열을 가하여 소성(변형된 형태 유지) 처리하는 경우만 허가대상 유해물질로 지정하고 있다. 국내 노출기준은 $0.05 \text{ mg/m}^3(\text{Cr})$ 로 설정되어 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 152건이며, 입력오류로 판단되는 자료는 없었다(물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 0건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $0.033 \text{ mg/m}^3 \sim 0.05 \text{ mg/m}^3$) 자료 0건). 불검출 값은 52건(34.2%)이었다.

연간 2~37건의 측정이 있었으며, 연도별 측정건수는 감소하여 '23년 측정은 2건이었다.

49) 크롬산아연

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ILO-WHO 화학물질안전카드)

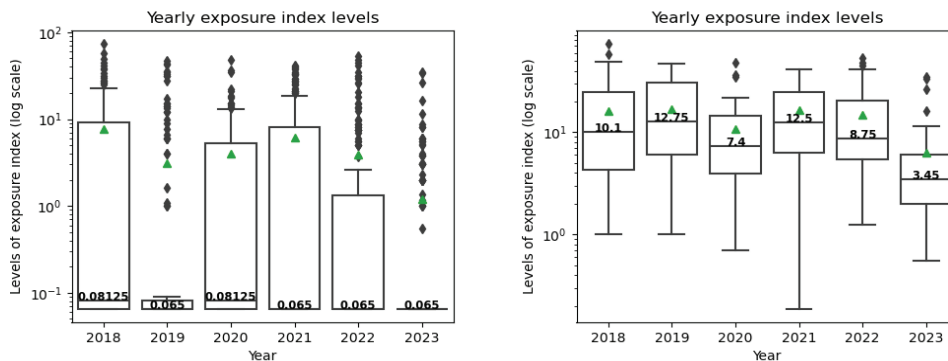
크롬산아연은 황색의 결정질 분말이며, 강한 산화제이다. 환원제 및 유기화합물과 맹렬하게 반응한다. 분진 흡입 및 섭취에 의해 신체에 흡수될 수 있다. 단기 노출에 의해서 눈, 피부 및 기도에 자극성을 나타낸다. 장기간 또는 반복적인 노출 영향으로 혈액, 골수, 중추신경계, 말초신경계 및 신장에 영향을

줄 수 있다. 또한 코 궤양을 유발하거나 비강 격막 천공을 유발할 수 있다. 피부 감작을 유발할 수 있고, 사람에게 발암성이 있고(A1), 생식 및 발달독성을 가질 수 있다. 노출기준은 ACGIH TWA(6가크롬, 흡입성) 0.0002 mg/m³, STEL 0.0005 mg/m³, 국내 TWA(as Cr) 0.01 mg/m³로 설정되어 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 966건이며, 입력오류로 판단되는 자료는 1건 이었다(물 질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 1건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.006 mg/m³~0.01 mg/m³) 자료 0건). 유효 자료 수는 총 965건이며, 불검출 값은 685건(71.0%)이었다.

연간 122~208건의 측정이 있었으며, 연도별 측정건수는 증가하는 경향이 있었다. 최대 노출지수는 73.75% 였으며, 95% 상위 노출지수는 27.46% 였다.



[그림 III-46] 크롬산아연의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 기하평균 노출지수의 최대값은 10.98%였고, 95% tile은 최대 52%였다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 14.39% 수준이었다. 측정

건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었다. 나머지 14개 업종의 기하평균 노출지수는 0.86~11% 수준이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 52% 였다. 나머지 14개 업종의 95% 상위 노출지수는 14~51% 였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 0.06~6.40이 였다. 주요 등급은 4등급 8개 업종, 3등급 2개 업종, 2등급 5개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 2개, 2등급 10개, 1등급 3개 업종 이었다.

〈표 III-247〉 크롬산아연의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	122	65	53.3	7.61	13.44	0.6823	13.38	0.0813	0.0650	73.75	37.31
2019	164	134	81.7	3.13	8.82	0.1714	7.48	0.0650	0.0650	47.00	26.35
2020	119	75	63.0	4.02	7.93	0.3874	10.22	0.0813	0.0650	47.95	18.08
2021	177	111	62.7	6.15	10.61	0.4523	13.14	0.0650	0.0650	41.25	32.04
2022	175	130	74.3	3.90	9.44	0.2398	9.52	0.0650	0.0650	53.40	27.00
2023	208	170	81.7	1.20	4.24	0.1361	5.06	0.0650	0.0650	35.00	5.82
합계	965	685	71.0	4.08	9.40	0.2727	9.76	0.0650	0.0650	73.75	27.46

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-248〉 크롬산이연의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
				사업장 수	근로자 수								X _{0.95}
1	유인 항공기, 항공 우주선 및 보조장치 제조업	56	1232	1.0	4569	406	0.09	0.42	0.0665	1.37	0.0650	0.0650	6.0
2	계면활성제 제조업	292	3907	0.8	414	122	14.50	12.57	4.9234	9.04	12.5000	0.0813	48.8
3	그 외 기타 전기장비 제조업	2350	27510	1.8	1339	63	0.85	2.50	0.1242	4.56	0.0650	0.0650	17.1
4	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11659	1.8	307	60	1.72	3.93	0.1727	6.28	0.0813	0.0650	15.1
5	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	0.7	161	37	11.17	12.62	2.5089	11.74	6.6000	0.0650	39.3
6	차체 및 특장차 제조업	573	4778	2.8	49	33	9.20	18.48	0.6395	14.06	0.0650	0.0650	73.8
7	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	0.8	330	24	5.36	10.79	0.9497	8.37	1.5000	0.0650	47.0
8	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	1.3	13	19	11.35	15.98	2.2625	9.82	5.4795	0.0650	47.9
9	항공기용 부품 제조업	237	10529	1.0	77	19	13.16	8.06	10.9808	1.85	13.0000	3.0000	35.0
10	선철 주물 주조업	379	4903	1.3	97	18	0.93	2.30	0.1416	4.78	0.0731	0.0650	8.8
11	화력 발전업	35	3557	0.8	371	18	1.19	4.77	0.0894	3.73	0.0650	0.0650	20.3
12	음·식료품 및 담배 가공기계 제조업	532	3129	1.0	33	12	1.25	1.86	0.4075	5.10	0.6329	0.0650	6.5
13	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	1.0	20	12	2.80	8.90	0.1446	6.51	0.0650	0.0650	31.0
14	산업 생산시설 종합 건설업	4532	47658	0.5	280	11	5.66	5.72	2.4029	6.11	3.1000	0.0650	18.2
15	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4427	71377	0.5	180	11	3.39	8.86	0.4461	7.18	1.0000	0.0650	30.0

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-249〉 크롬산이연의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95E}
1	도금업	2108	23683	0.5	1	6	26.30	20.95	14.39	3.86	28.60	2.0000	53.4	50.75	133.0
2	항공기용 부품 제조업	237	10529	1.0	77	19	13.16	8.06	10.98	1.85	13.00	3.0000	35.0	23.30	30.3
3	철삭 가공 및 유사 처리업	1829	9163	0.2	6	2	9.00		9.00	1.00	9.00	9.0000	9.0	9.00	9.0
4	공기 조화장치 제조업	646	6149	0.2	3	1	6.00		6.00	1.00	6.00	6.0000	6.0	6.00	6.0
5	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업	451	3722	0.2	2	2	5.44	2.35	5.18	1.37	5.44	3.7778	7.1	6.93	8.7
6	계면활성제 제조업	292	3907	0.8	414	122	14.50	12.57	4.92	9.04	12.50	0.0813	48.8	37.50	184.1
7	사무·산업용 및 공공기관용 건물 건설업	16247	295588	0.5	237	6	4.90	3.30	4.28	1.62	3.90	2.3000	11.5	9.63	9.5
8	기타 전기 변환장치 제조업	1017	11331	0.2	1	1	3.00		3.00	1.00	3.00	3.0000	3.0	3.00	3.0
9	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	0.7	161	37	11.17	12.62	2.51	11.74	6.60	0.0650	39.3	35.40	144.3
10	산업 생산시설 종합 건설업	4532	47658	0.5	280	11	5.66	5.72	2.40	6.11	3.10	0.0650	18.2	15.80	47.2
11	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	1.3	13	19	11.35	15.98	2.26	9.82	5.48	0.0650	47.9	43.49	97.0
12	기타 일반 기계 및 장비 수리업	2676	19673	0.3	54	8	5.39	6.14	1.51	7.94	2.60	0.0650	15.2	14.43	45.8
13	주형 및 금형 제조업	9288	57188	0.2	2	1	1.14		1.14	1.00	1.14	1.1429	1.1	1.14	1.1
14	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	0.8	330	24	5.36	10.79	0.95	8.37	1.50	0.0650	47.0	25.60	31.3
15	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	0.2	2	4	6.13	7.76	0.86	13.45	4.08	0.0650	16.3	15.07	62.2

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-250〉 크롬산아연의 95%tile 상위 15 세업종중의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	차체 및 특장차 제조업	573	4778	2.8	49	33	9.20	18.48	0.64	14.06	0.07	0.0650	73.8
2	도금업	2108	23683	0.5	1	6	26.30	20.95	14.39	3.86	28.60	2.0000	53.4
3	도장 및 기타 피막 처리업	3164	24965	1.3	13	19	11.35	15.98	2.26	9.82	5.48	0.0650	47.9
4	계면활성제 제조업	292	3907	0.8	414	122	14.50	12.57	4.92	9.04	12.50	0.0813	48.8
5	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	0.7	161	37	11.17	12.62	2.51	11.74	6.60	0.0650	39.3
6	기타 무선 통신장비 제조업	868	8443	0.3	21	4	10.53	20.32	0.65	14.07	0.53	0.0650	41.0
7	기타 광학 기기 제조업	380	4791	0.8	25	9	6.16	13.85	0.31	10.34	0.09	0.0890	41.1
8	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	0.8	330	24	5.36	10.79	0.95	8.37	1.50	0.0650	47.0
9	국방 행정	156	1792	0.2	73	8	4.92	12.23	0.24	10.15	0.07	0.0650	35.0
10	항공기용 부품 제조업	237	10529	1.0	77	19	13.16	8.06	10.98	1.85	13.00	3.0000	35.0
11	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4427	71377	0.5	180	11	3.39	8.86	0.45	7.18	1.00	0.0650	30.0
12	산업 생산시설 종합 건설업	4532	47658	0.5	280	11	5.66	5.72	2.40	6.11	3.10	0.0650	18.2
13	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	0.2	2	4	6.13	7.76	0.86	13.45	4.08	0.0650	16.3
14	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	1.0	20	12	2.80	8.90	0.14	6.51	0.07	0.0650	31.0
15	기타 일반 기계 및 장비 수리업	2676	19673	0.3	54	8	5.39	6.14	1.51	7.94	2.60	0.0650	15.2
													14.43
													45.8

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-251〉 크롬산아연의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med				
1	차체 및 특장차 제조업	573	4,778	2.8	49	33	9.20	0.6395	0.0650	52.0	3	4	6.40
2	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	24,965	1.3	13	19	11.35	2.2625	5.4795	43.5	2	4	3.24
3	도금업	2,108	23,683	0.5	1	6	26.30	14.3939	28.6000	50.8	3	3	2.27
4	일반용 도로 및 관련제품 제조업	745	11,659	1.8	307	60	1.72	0.1727	0.0813	12.3	2	2	2.03
5	계면활성제 제조업	292	3,907	0.8	414	122	14.50	4.9234	12.5000	37.5	2	4	1.97
6	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6,321	0.7	161	37	11.17	2.5089	6.6000	35.4	2	4	1.54
7	기타 광학 기기 제조업	380	4,791	0.8	25	9	6.16	0.3081	0.0890	30.1	2	4	1.48
8	그 외 기타 전기장비 제조업	2,350	27,510	1.8	1,339	63	0.85	0.1242	0.0650	4.0	1	2	1.48
9	항공기용 부품 제조업	237	10,529	1.0	77	19	13.16	10.9808	13.0000	23.3	2	4	1.31
10	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14,038	0.8	330	24	5.36	0.9497	1.5000	25.6	2	4	1.18
11	기타 무선 통신장비 제조업	868	8,443	0.3	21	4	10.53	0.6451	0.5325	35.0	2	3	0.93
12	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21,784	120,380	1.0	20	12	2.80	0.1446	0.0650	15.1	2	4	0.77
13	선철 주물 주조업	379	4,903	1.3	97	18	0.93	0.1416	0.0731	5.6	1	2	0.72
14	아파트 건설업	3,082	330,427	0.8	225	10	3.50	0.8131	2.3500	12.1	2	2	0.28
15	음·식료품 및 담배 가공기계 제조업	532	3,129	1.0	33	12	1.25	0.4075	0.6329	4.4	1	2	0.06

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

50) o-톨리딘 및 그 염

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ILO-WHO 화학물질안전카드, ACGIH)

o-톨리딘은 무색의 결정 또는 적색-황색의 박편이다. 타면서 분해되어 질소 산화물을 포함하는 독성 흡을 발생시키며, 산화제와 반응한다. 피부 및 섭취에 의해 신체에 흡수될 수 있다. 사람에게 발암성이 있는 것으로 분류되었다(A3).

o-톨리딘에 대한 직업적 노출에 대해 수치적 TLV(허용 한계값)는 적절한 실험 데이터나 노동자 경험이 부족하여 권장되지 않는다. 대부분의 직업적 노출은 바이페닐 아민 화합물 혼합물과 관련이 있는 것으로 여겨진다. o-톨리딘은 피부를 통해 빠르게 흡수되어 전신 독성을 유발할 수 있으므로, Skin 표기가 적합하다고 간주된다. 역학 데이터는 불충분하지만, 여러 동물 연구에서 발암성에 대한 명확한 증거가 있다. o-톨리딘과 벤지딘(확인된 인간 방광 발암 물질)의 구조적, 화학적 유사성은 o-톨리딘에 대해 A3(동물 발암 물질로 확인되었지만 인간에 대한 관련성은 불명확함) 표기를 뒷받침한다. o-톨리딘의 임상 독성과 기타 바이페닐 아민과의 잠재적 독성을 확인하기 위한 추가 연구가 필요하다. SEN 표기를 권장할 만큼 충분한 데이터는 없었다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 179건이며, 입력오류로 판단되는 자료는 없었다(물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 0건과 노출기준 불인정(노출기준 없음) 자료 0건). 불검출 값은 178건(99.4%) 였으며, 검출된 값은 0.0015 mg/m³이었다.

연간 8~59건의 측정이 있었다.

51) 황화니켈류

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도

니켈의 노출기준 설정근거 및 주요용도 참조.(동 자료의 21)니켈)

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 139건이며, 입력오류로 판단되는 자료는 없었다. 다만, 황화니켈의 노출기준은 1 mg/m^3 이나, 0.1 mg/m^3 또는 0.07 mg/m^3 (0.1 mg/m^3 기준에서 노출시간 보정한 값으로 판단됨)을 적용한 값이 37건 있었다. 이는 니켈 및 그 무기화합물의 노출기준을 적용한 것으로 보이며, 입력된 노출기준을 기준으로 노출지수를 산출하였다. 불검출 값은 82건(59.0%) 였다.

연간 2~61건의 측정이 있었다.

52) 곡물분진

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

곡물 먼지에 대한 직업적 노출을 위해 TLV-TWA 4 mg/m^3 "총 먼지(total dust)"가 권장된다. 이 값은 상기도, 눈, 피부의 급성 자극, 기관지염 증상, 그리고 폐 기능의 만성 감소 가능성을 최소화하기 위함이다. 권장 TLV는 제분 작업 이전의 귀리, 밀, 보리 등의 전체 곡물에 대한 노출을 다룬다. 피부 또는 감작(SEN) 표기나 발암성 분류를 위한 데이터는 부족하거나 없다. 제분된 곡물은 별도의 TLV와 문서로 "밀가루 먼지(Flour Dust)"에서 다루어진다.

곡물 먼지가 건강에 미치는 가장 두드러진 영향은 상기도, 눈 및 피부의 급성 자극이다. 곡물 먼지로 인한 건강 악영향은 1713년 라마치니(Ramazzini)에 의해 처음 보고되었다. 그는 곡물 보관소와 창고에서 곡물을 체질하고 측

정하는 작업자들이 거의 모두 호흡 곤란을 겪었으며, 노년까지 사는 일이 드물다고 언급했다.

작업자는 농업 작업 중 또는 곡물 엘리베이터, 밀가루 공장, 사료 및 씨앗 공장에서 곡물 먼지에 노출될 수 있다. 곡물의 운송 과정에서도 노출이 발생할 수 있다. 곡물 작업자들은 천식, 농부의 폐(farmer's lung), 만성 기도 폐쇄, 진균 독소증, 알레르기성 폐포염을 포함한 폐 관련 증상과 비염, 결막염, 곡물열(grain fever), 피부염과 같은 비폐 관련 증상을 보이는 것으로 보고되었다.

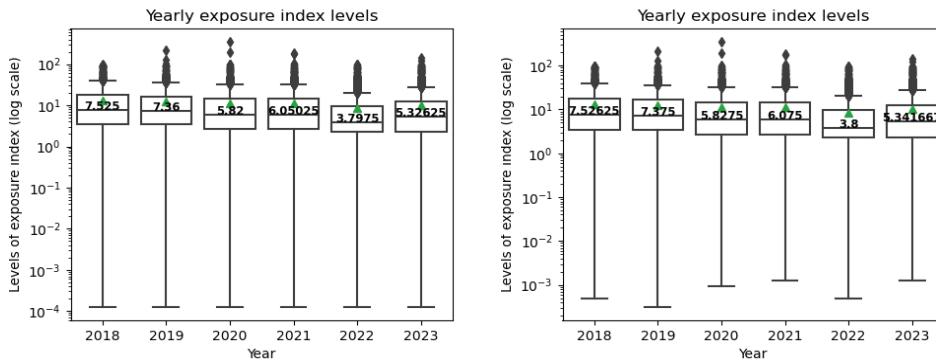
DoPico 등과 Rankin 등의 연구는 4 mg/m^3 이하의 노출에서는 급성 기관지염 증상이 나타나지 않았다. Broder 연구팀의 보고는 평균 먼지 농도 6.6 mg/m^3 에 노출된 작업자들이 하루 동안 폐 기능 감소가 거의 나타나지 않았다. 마지막으로 Chan-Yeung 연구팀은 5 mg/m^3 이하의 먼지 농도에서 폐 기능의 급격한 감소 위험이 증가하지 않는다고 보고하였다.

가용 데이터를 바탕으로 ACGIH는 "총 먼지(total dust)" 기준으로 8시간 TWA 노출을 4 mg/m^3 이하로 유지할 것을 권장한다. 이는 눈, 피부, 상기도 자극, 기관지염 증상, 폐 기능 만성 감소 가능성을 최소화하기 위함이다. DoPico, Rankin, Broder, Chan-Yeung, 그리고 Enarson 등의 연구는 본래 밀 먼지에 대한 TLV를 지원하기 위한 자료이며, 다른 곡물에 대한 용량-반응 데이터는 부족하다. 그러나 Cockcroft 등과 Darke 등의 보고는 보리, 밀, 귀리 먼지가 유사한 호흡기 질환을 유발한다는 점을 보여주었다. 따라서 이 세 가지 곡물에서 발생하는 먼지를 동일한 TLV로 다룰 것을 권장한다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 25,191건이며, 입력오류로 판단되는 자료는 67건 이었다(물질명 오류 3건, 횡수조정 27건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 14건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: $2.6 \text{ mg/m}^3 \sim 4 \text{ mg/m}^3$) 자료 23건). 유효 자료 25,124건 중에서 불검출 값은 35건(0.1%)이었다.

연간 약 3,400~5,600건이 측정되고 있으며, 최근 증가한 것으로 보인다. 산술평균 노출지수는 10.97% 였으며, 기하평균 노출지수는 5.69% 였다. 최대 노출지수는 350.63% 였고, 95% 상위 노출지수는 40% 였다.



[그림 III-47] 곡물분진의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 기하평균 노출지수의 최대값은 8.15%였고, 95% tile은 최대 58.15%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 5개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 24.53% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 9개가 포함되었다. 14개 업종의 기하평균 노출지수는 12~21.5% 수준이었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 94.5% 였다. 나머지 14개 업종의 95% 상위 노출지수는 47~89% 수준이었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 2.31~11.56 이었다. 주요 등급은 4등급 10개 업종, 3등급 5개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 8개, 2등급 7개 업종이었다.

〈표 III-252〉 곡물분진의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	3451	1	0.0	13.34	14.85	7.3179	3.56	7.5250	0.0001	96.00	44.43
2019	3872	4	0.1	12.54	14.07	7.0438	3.46	7.3600	0.0001	217.93	42.85
2020	3743	4	0.1	11.33	14.60	5.9822	3.59	5.8200	0.0001	350.63	39.90
2021	3863	4	0.1	11.28	13.88	5.8938	3.57	6.0503	0.0001	185.33	40.98
2022	5551	13	0.2	8.52	11.63	4.4426	3.49	3.7975	0.0001	97.23	35.03
2023	4644	9	0.2	10.25	13.36	4.9698	4.07	5.3263	0.0001	140.56	37.92
합계	25124	35	0.1	10.97	13.70	5.6936	3.67	5.6200	0.0001	350.63	40.04

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-253〉 곡물분진의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수										
1	곡물 도정업	856	4058	221.5	1895	3219	9.45	10.78	5.2676	3.57	5.4675	0.0001	93.2	32.46	42.7215
2	배합 사료 제조업	123	1003	104.0	3392	2984	13.19	12.63	8.1504	3.01	9.1825	0.0001	99.0	38.35	49.8445
3	단미사료 및 기타 사료 제조업	836	8110	90.5	2020	2062	13.86	17.90	6.9593	4.30	7.1138	0.0001	350.6	47.23	76.7856
4	지방행정 집행기관	14968	240788	0.8	926	1658	2.94	2.02	2.5464	1.80	2.5125	0.0001	22.9	5.56	6.6801
5	기타 곡물 가공품 제조업	407	2922	47.7	1457	1056	12.33	13.20	7.2671	3.15	8.0275	0.0001	91.5	39.31	47.9469
6	곡물 제분업	292	2166	32.5	750	838	12.47	17.07	6.0232	3.79	5.5514	0.0001	217.9	45.18	53.8470
7	그 외 기타 식료품 제조업	2231	22518	35.8	2446	809	13.77	16.19	7.5020	3.39	8.1031	0.0001	128.7	45.78	55.8375
8	기타 식품 첨가물 제조업	410	4316	25.8	1529	799	13.25	14.74	5.7351	5.95	6.6719	0.0001	96.2	43.73	107.6765
9	천연 및 혼합 조제 조미료 제조업	1004	10038	36.3	1559	774	12.29	13.20	6.8550	3.23	7.0694	0.1525	81.7	43.32	47.1672
10	장류 제조업	548	4058	13.8	1595	610	7.14	9.39	4.3128	2.67	4.1063	0.0969	84.8	23.00	21.6566
11	사료 도매업	1468	4186	17.8	487	514	11.59	13.59	6.3500	3.21	6.4688	0.0675	101.9	43.64	43.3592
12	면류, 마카로니 및 유사 식품 제조업	409	9391	16.3	2342	463	15.70	19.59	7.4889	3.54	6.2500	0.0625	95.3	58.15	59.9547
13	빵류 제조업	1175	16596	20.0	2012	429	13.70	15.38	7.1286	3.46	6.4800	0.0938	83.9	46.31	55.0545
14	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	743	4960	23.3	364	417	13.56	18.05	6.7788	3.40	6.8675	0.1375	104.0	55.10	50.8609
15	육류 기타 가공 및 저장 처리업(금류 제외)	3647	43796	16.5	1297	378	15.42	19.78	7.6460	3.37	6.8600	0.1225	94.9	55.39	56.3177

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-254〉 국물분진의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	경비 및 경호 서비스업	10378	95898	0.2	2	3	25.93	11.09	24.53	1.38	20.25	18.8250	38.7
2	생활용 유리·요업·목재·금속 제품 및 날붙이 도매업	1570	6490	0.2	70	2	26.29	21.41	21.50	1.93	26.29	11.1550	41.4
3	기타 수상 운송 지원 서비스업	549	4771	0.2	13	8	35.84	29.92	19.82	3.68	33.65	2.4125	75.2
4	기타 부동산 개발 및 공급업	8417	21580	0.5	24	4	22.41	12.58	18.80	1.92	25.17	6.5425	32.7
5	피자, 햄버거, 샌드위치 및 유사 음식점업	10618	50372	0.7	10	10	22.39	14.32	18.44	1.90	17.75	5.6375	49.6
6	낙시 및 수렴용구 제조업	202	1611	1.0	13	12	19.06	6.22	18.08	1.40	18.88	9.5000	28.8
7	식품 위생용 종이 상자 및 용기 제조업	178	2177	0.3	1	3	15.27	3.65	14.98	1.22	15.13	11.6900	19.0
8	기타 시설작물 재배업	514	2722	10.2	610	146	17.27	9.58	14.75	1.78	13.55	3.0950	39.8
9	커피 및 차류 도매업	484	1445	0.2	40	1	14.54		14.54	1.00	14.54	14.5400	14.5
10	전기회로 개폐, 보호 장치 제조업	1534	22953	0.3	18	10	14.73	2.76	14.50	1.19	13.86	11.3175	18.9
11	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	5.0	134	126	25.85	25.74	13.22	3.84	15.75	0.2375	98.1
12	주정 제조업	19	406	6.8	334	95	23.69	22.86	13.20	3.31	13.75	0.8750	95.6
13	질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업	85	1592	0.3	4	8	13.78	6.32	12.44	1.60	12.81	4.7750	24.1
14	기타 증류주 및 합성주 제조업	40	218	0.5	6	6	14.64	9.74	12.27	1.80	11.29	6.0875	30.8
15	위험 물품 보관업	41	809	0.3	33	4	13.93	8.54	12.21	1.65	11.30	7.2750	25.9
													24.13
													27.9

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-255〉 곡물분진의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	작물재배 지원 서비스업	369	4456	1.2	134	16	19.67	30.03	4.43	22.17	10.63	0.0001	97.2	94.50	725.3
2	종합병원	188	39908	0.5	854	8	24.04	38.86	5.95	5.27	3.60	1.0000	93.5	88.69	91.8
3	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	5.0	134	126	25.85	25.74	13.22	3.84	15.75	0.2375	98.1	82.63	120.8
4	주정 제조업	19	406	6.8	334	95	23.69	22.86	13.20	3.31	13.75	0.8750	95.6	74.52	94.4
5	기타 수상 운송 지원 서비스업	549	4771	0.2	13	8	35.84	29.92	19.82	3.68	33.65	2.4125	75.2	71.81	169.2
6	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3845	24626	5.3	127	100	18.46	22.82	8.38	3.88	7.70	0.2500	93.8	66.81	78.1
7	면류, 마카로니 및 유사 식품 제조업	409	9391	16.3	2342	463	15.70	19.59	7.49	3.54	6.25	0.0625	95.3	58.15	60.0
8	육류 기타 가공 및 저장 처리업(가금류 제외)	3647	43796	16.5	1297	378	15.42	19.78	7.65	3.37	6.86	0.1225	94.9	55.39	56.3
9	기타 전문 서비스업	83	1967	0.3	27	8	20.62	23.25	10.15	3.43	6.35	2.3235	60.0	55.22	77.1
10	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	743	4960	23.3	364	417	13.56	18.05	6.78	3.40	6.87	0.1375	104.0	55.10	50.9
11	크라프트지 및 상자용 판지 제조업	120	2813	2.0	426	20	14.98	19.06	6.89	4.05	5.03	0.1125	64.9	49.38	68.8
12	인삼식품 제조업	187	2425	3.5	326	58	10.05	16.75	5.12	2.74	3.65	1.0275	90.3	49.04	27.0
13	기타 가공식품 도매업	7048	27006	4.2	414	51	14.79	17.66	6.93	3.93	6.86	0.2250	85.0	48.91	65.7
14	신용조합	2665	37643	0.8	16	19	19.97	18.01	10.20	4.68	14.83	0.2250	70.2	48.03	129.0
15	건강 기능식품 제조업	335	3010	9.0	389	187	12.40	16.95	5.80	3.68	5.65	0.1200	87.5	47.62	49.4

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-256〉 곡물분진의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)				노출 등급 ($X_{0.95}$)	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	$X_{0.95}$		
1	곡물 도정업	856	4,058	221.5	1,895	3219	9.45	5.2676	5.4675	32.5	4	11.56
2	배합 사료 제조업	123	1,003	104.0	3,392	2984	13.19	8.1504	9.1825	38.4	4	5.79
3	단미사로 및 기타 사료 제조업	836	8,110	90.5	2,020	2062	13.86	6.9593	7.1138	47.2	4	5.60
4	작물재배 지원 서비스업	369	4,456	1.2	134	16	19.67	4.4322	10.6263	94.5	3	3.71
5	종합병원	188	39,908	0.5	854	8	24.04	5.9540	3.6000	88.7	3	3.33
6	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	5.0	134	126	25.85	13.2152	15.7516	82.6	3	3.21
7	기타 곡물 가공품 제조업	407	2,922	47.7	1,457	1056	12.33	7.2671	8.0275	39.3	2	2.91
8	주정 제조업	19	406	6.8	334	95	23.69	13.1966	13.7500	74.5	3	2.84
9	그 외 기타 식료품 제조업	2,231	22,518	35.8	2,446	809	13.77	7.5020	8.1031	45.8	2	2.67
10	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	743	4,960	23.3	364	417	13.56	6.7788	6.8675	55.1	3	2.57
11	천연 및 혼합 조제 조미료 제조업	1,004	10,038	36.3	1,559	774	12.29	6.8550	7.0694	43.3	2	2.56
12	곡물 제분업	292	2,166	32.5	750	838	12.47	6.0232	5.5514	45.2	2	2.47
13	면류, 마카로니 및 유사 식품 제조업	409	9,391	16.3	2,342	463	15.70	7.4889	6.2500	58.2	3	2.38
14	기타 수상 운송 지원 서비스업	549	4,771	0.2	13	8	35.84	19.8232	33.6450	71.8	3	2.33
15	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	3,845	24,626	5.3	127	100	18.46	8.3802	7.7000	66.8	3	2.31

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

53) 석면분진

(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(ACGIH)

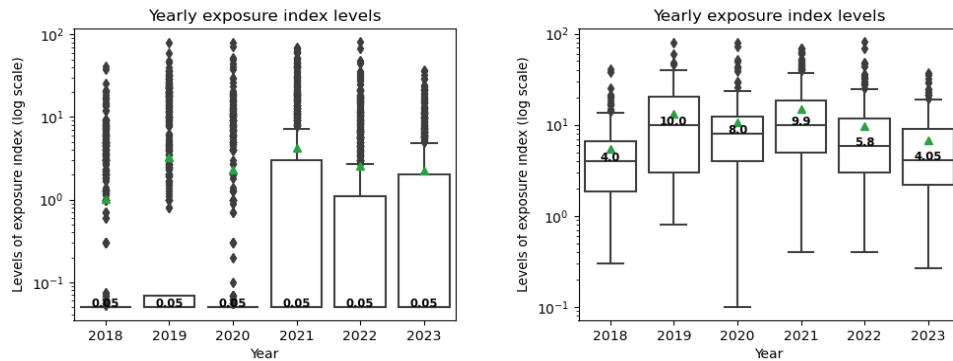
TLV-TWA 0.1 fiber/cc는 모든 형태의 석면에 대한 직업적 노출에 권장된다. 이 값은 석면증의 가능성을 최소화하고 폐암 발생 위험을 줄이기 위한 것이다. 또한, 석면에 노출된 노동자에서 중피종 위험을 줄이는 데 기여할 것으로 기대된다. 석면 노출과 폐암 및 중피종 사이의 명확한 연관성을 보여주는 데이터를 바탕으로, 모든 형태의 석면에 대해 A1(확인된 인간 발암 물질) 표기가 지정되었다. 권장 TLV는 길이 5 μm 이상, 종횡비 $\geq 3:1$ 의 섬유를 기준으로 하며, 위상차 현미경을 통해 측정된다. SEN 표기나 STEL을 권장할 근거가 되는 데이터는 부족하다.

석면 광물은 높은 인장 강도, 우수한 열 및 전기 절연 특성, 화학적 공격에 대한 저항성을 가지고 있다. 석면은 본질적으로 유연하여 실과 직물로 짜는 데 적합하다. 주요 용도로는 브레이크 라이닝과 같은 마찰 재료, 콘크리트 및 합성 수지의 보강재, 그리고 여과 응용 분야 등이 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 4,324건이며, 입력오류로 판단되는 자료는 3건 이었다 (물질명 오류 0건, 횡수조정 0건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 2건 과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 0.06 개/cm³~0.1 개/cm³) 자료 1건). 유효 자료 4,321건 중에서 불검출 값은 3,247건(75.1%)이었다.

연간 약 580~880건이 측정되고 있었다. 산술평균 노출지수는 2.59% 였고, 기하평균 노출지수는 0.16% 였다. 최대 노출지수는 81.6% 였으며, 95% 상위 노출지수는 16% 였다.



[그림 III-48] 석면분진의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 기하평균 노출지수의 최대값은 3.14%였고, 95% tile은 최대 46%였다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 18.11% 였고, 나머지 업종은 1.19~14.53% 수준이었다. 다만, 측정건수가 10개 미만인 업종이 7개 가 포함되었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 74% 였고, 나머지 14개 업종은 18~73% 수준이었다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 1.15~6.84이었다. 주요 등급은 4등급 7개 업종, 3등급 5개 업종, 2등급 3개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 3등급 2개, 2등급 10개, 1등급 3개 업종이었다.

〈표 III-257〉 석면분진의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	876	718	82.0	1.03	3.30	0.1078	5.39	0.0500	0.0500	40.80	6.05
2019	705	532	75.5	3.25	8.28	0.1739	9.46	0.0500	0.0500	80.00	22.29
2020	643	506	78.7	2.32	7.11	0.1411	7.82	0.0500	0.0500	80.00	12.58
2021	769	550	71.5	4.29	10.47	0.2217	11.25	0.0500	0.0500	69.70	24.06
2022	740	543	73.4	2.59	7.10	0.1779	8.73	0.0500	0.0500	81.60	15.40
2023	588	398	67.7	2.24	5.00	0.2115	8.66	0.0500	0.0500	36.67	11.50
합계	4321	3247	75.1	2.59	7.31	0.1647	8.48	0.0500	0.0500	81.60	16.00

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-258〉 석면분진의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6321	5.5	2361	946	0.21	1.38	0.0582	2.17	0.0500	0.0500	32.6	0.05	0.2084
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4266	54949	9.3	1414	732	0.05		0.0500	1.00	0.0500	0.0500	0.1	0.05	0.0500
3	아파트 건설업	3082	330427	11.7	478	301	13.87	15.38	3.1433	12.87	9.8000	0.0500	72.1	46.00	210.1512
4	지정 폐기물 수집, 운반업	941	6886	4.7	84	137	5.60	6.57	1.1992	10.39	2.8000	0.0500	28.0	19.06	56.3732
5	비금속광물 분쇄물 생산업	336	2671	1.8	59	134	3.68	5.01	0.6326	10.59	1.3500	0.0500	25.0	15.34	30.7172
6	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	9.3	387	134	3.94	6.68	0.3622	11.80	0.0500	0.0500	31.9	18.16	20.9930
7	지정 폐기물 처리업	244	1785	5.7	137	118	1.57	2.65	0.2228	7.76	0.0500	0.0500	10.3	7.92	6.4868
8	건물용 기계·장비 설치 공사업	11653	59764	0.8	65	111	0.05		0.0500	1.00	0.0500	0.0500	0.1	0.05	0.0500
9	지정 외 폐기물 처리업	558	5209	3.5	207	107	1.87	2.83	0.3591	8.12	0.0500	0.0500	16.5	7.21	11.2586
10	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	5.0	179	103	5.28	10.36	0.3492	13.02	0.0500	0.0500	47.3	31.29	23.8052
11	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	1.3	83	102	0.09	0.34	0.0557	1.52	0.0562	0.0500	3.5	0.06	0.1104
12	기타 건물 관련설비 설치 공사업	18895	101199	2.5	57	86	0.05		0.0500	1.00	0.0500	0.0500	0.1	0.05	0.0500
13	화력 발전업	35	3557	0.8	1339	85	4.91	7.23	0.5853	12.88	0.0500	0.0500	30.7	20.48	39.2045
14	환경 관련 엔지니어링 서비스업	1642	15448	6.5	119	75	2.98	6.18	0.2792	9.77	0.0500	0.0500	33.7	16.68	11.8663
15	기타 제철 및 제강업	113	7494	0.8	2105	72	0.90	2.07	0.1231	5.63	0.0500	0.0500	9.0	5.45	2.1122

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-259〉 석면분진의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)									
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	지반조성 건설업	880	3485	0.5	20	6	33.65	29.74	18.11	3.82	33.25	2.5000	81.6	73.20	164.3
2	시설물 유지관리 공사업	9485	13272	0.3	6	9	15.50	5.26	14.53	1.46	18.33	7.7000	20.8	20.36	27.1
3	기타 비주거용 건물 건설업	12190	152838	0.5	25	14	16.51	12.15	13.70	1.76	11.13	7.0000	46.1	39.30	34.7
4	제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	3523	80861	0.2	18	2	10.15	0.49	10.14	1.04	10.15	9.8000	10.5	10.47	10.7
5	사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	16247	295588	1.7	68	36	9.05	6.83	7.29	1.89	6.50	2.9000	35.7	19.50	20.8
6	내륙 수상 여객 및 화물 운송업	62	394	0.5	15	8	3.81	1.82	3.45	1.57	3.40	1.6000	6.9	6.59	7.3
7	아파트 건설업	3082	330427	11.7	478	301	13.87	15.38	3.14	12.87	9.80	0.0500	72.1	46.00	210.2
8	원유 정제처리업	47	5043	1.0	618	35	5.53	5.71	2.89	4.38	3.40	0.0500	27.0	14.85	32.7
9	건물 및 구축물 해체 공사업	3466	10923	1.5	21	27	13.85	23.00	2.51	11.08	5.40	0.0500	80.0	74.00	131.1
10	그 외 기타 의복 액세서리 제조업	683	3124	0.2	2	3	2.50		2.50	1.00	2.50	2.5000	2.5	2.50	2.5
11	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	551	9531	0.3	65	6	3.77	3.65	2.43	2.62	1.95	0.6000	9.0	8.70	11.8
12	건설업본사	124232	430058	2.0	21	32	7.41	7.36	1.92	10.76	6.00	0.0500	25.5	21.24	95.7
13	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	54	2955	0.2	292	4	1.95	0.76	1.82	1.47	2.05	1.0000	2.7	2.66	3.4
14	지정 폐기물 수집, 운반업	941	6886	4.7	84	137	5.60	6.57	1.20	10.39	2.80	0.0500	28.0	19.06	56.4
15	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	435	4128	1.0	9	63	2.97	3.10	1.19	5.91	2.30	0.0500	14.1	9.00	22.2

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-260〉 석면분진의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max
1	건물 및 건축물 해체 공사업	3466	10923	1.5	21	27	13.85	23.00	2.51	11.08	5.40	0.0500	80.0
2	지반조성 건설업	880	3485	0.5	20	6	33.65	29.74	18.11	3.82	33.25	2.5000	81.6
3	아파트 건설업	3082	330427	11.7	478	301	13.87	15.38	3.14	12.87	9.80	0.0500	72.1
4	기타 공동 주택 건설업	10618	183694	2.3	91	48	7.72	14.00	0.95	12.95	1.60	0.0500	68.3
5	기타 비주거용 건물 건설업	12190	152838	0.5	25	14	16.51	12.15	13.70	1.76	11.13	7.0000	46.1
6	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업	5381	45744	1.0	350	24	6.09	13.34	0.50	13.21	0.05	0.0500	52.1
7	그 외 기타 보건업	667	14342	1.5	155	20	6.46	12.51	0.34	14.73	0.05	0.0500	40.8
8	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	5.0	179	103	5.28	10.36	0.35	13.02	0.05	0.0500	47.3
9	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	777	8506	1.3	41	14	6.08	9.48	0.50	15.07	0.05	0.0500	29.3
10	건설업본사	124232	430058	2.0	21	32	7.41	7.36	1.92	10.76	6.00	0.0500	25.5
11	화력 발전업	35	3557	0.8	1339	85	4.91	7.23	0.59	12.88	0.05	0.0500	30.7
12	시설물 유지관리 공사업	9485	13272	0.3	6	9	15.50	5.26	14.53	1.46	18.33	7.7000	20.8
13	사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	16247	295588	1.7	68	36	9.05	6.83	7.29	1.89	6.50	2.9000	35.7
14	지정 폐기물 수집, 운반업	941	6886	4.7	84	137	5.60	6.57	1.20	10.39	2.80	0.0500	28.0
15	물질 성분 검사 및 분석업	971	15116	9.3	387	134	3.94	6.68	0.36	11.80	0.05	0.0500	31.9

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-261〉 석면분진의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	아파트 건설업	3,082	330,427	11.7	478	301	13.87	3.1433	9.8000	46.0	2	4	6.84
2	건물 및 구축물 해체 공사업	3,466	10,923	1.5	21	27	13.85	2.5064	5.4000	74.0	3	3	4.10
3	물질 성분 검사 및 분석업	971	15,116	9.3	387	134	3.94	0.3622	0.0500	18.2	2	4	4.02
4	지반조성 건설업	880	3,485	0.5	20	6	33.65	18.1133	33.2500	73.2	3	3	3.60
5	기타 토목 시설물 건설업	25,370	259,316	5.0	179	103	5.28	0.3492	0.0500	31.3	2	4	2.92
6	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	4,266	54,949	9.3	1,414	732	0.05	0.0500	0.0500	0.1	1	2	2.86
7	환경 관련 엔지니어링 서비스업	1,642	15,448	6.5	119	75	2.98	0.2792	0.0500	16.7	2	4	2.66
8	기타 공동 주택 건설업	10,618	183,694	2.3	91	48	7.72	0.9462	1.6000	40.8	2	4	2.34
9	지정 폐기물 수집, 운반업	941	6,886	4.7	84	137	5.60	1.1992	2.8000	19.1	2	4	1.99
10	그 외 기타 보건업	667	14,342	1.5	155	20	6.46	0.3443	0.0500	37.7	2	3	1.77
11	지정 폐기물 처리업	244	1,785	5.7	137	118	1.57	0.2228	0.0500	7.9	1	2	1.72
12	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업	5,381	45,744	1.0	350	24	6.09	0.4975	0.0500	39.2	2	3	1.65
13	기타 비주거용 건물 건설업	12,190	152,838	0.5	25	14	16.51	13.6966	11.1250	39.3	2	3	1.43
14	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	2,079	26,484	3.3	504	67	3.47	0.2571	0.0500	17.5	2	4	1.30
15	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	65	6,321	5.5	2,361	946	0.21	0.0582	0.0500	0.1	1	2	1.15

※: 연평균(18~23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, $X_{0.95}$: 95% tile, **노출등급**($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만), **주요지수**= $X_{0.95}$ 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

54) 용접흡

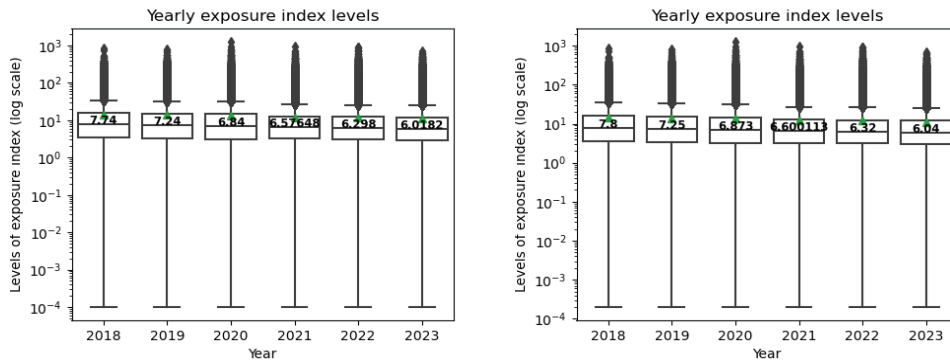
(1) 노출기준의 설정근거 및 주요 용도(NIOSH Pocket guide)

열, 압력 또는 이 둘을 사용하여 금속 조각을 결합하거나 절단하는 과정에서 발생하는 흡이며, 흡입, 피부 및 눈 접촉을 통해서 노출될 수 있다. 증상은 용접 흡의 특정 성분에 따라 다르며, 금속 흡 열(독감 유사 증상, 호흡곤란, 기침, 근육통, 발열, 오한), 간질성 폐렴을 유발할 수 있다. 포함된 성분 중 잠재적으로 직업적 발암물질을 포함하고 있을 수 있다. 표적 장기는 눈, 피부, 호흡기계 및 중추신경계이다. ACGIH 및 NIOSH에서 용접흡 자체로서 노출기준은 설정되어 있지 않으며, 포함된 금속 성분에 대해서 개별적인 기준이 설정되어 있다. 국내는 5 mg/m³의 노출기준을 설정하고 있다.

(2) 국내 측정 실시현황 및 노출인구 등

추출된 자료는 총 511,293건이며, 물질명 오류 75건, 횡수조정 946건 및 TWA 평가에서 1시간 미만 평가자료 306건과 노출기준 불인정(TWA 인정범위: 3.3 mg/m³~5 mg/m³) 자료 348건은 삭제하였다. 총 유효 자료 수는 509,618건이었으며, 불검출 값은 1,748건(0.3%)이었다.

용접흡의 연도별 측정건수는 증가하고 있었고, 산술평균 노출지수는 12.65% 였고, 기하평균 노출지수는 6.07% 였다. 최대 노출지수는 1262% 였으며, 95% 상위 노출지수는 41.25% 였다.



[그림 III-49] 용접흡의 연도별 노출지수(%) 수준 (▲: 산술평균)

측정건수가 많았던 상위 15개 세세업종에서, 기하평균 노출지수의 최대값은 13.45% 였고, 95% tile은 최대 150.95%였다. 최대 노출지수가 100%를 초과하는 업종은 13개 있었다.

기하평균 상위 15개 세세업종의 최대 기하평균은 78.2% 였고, 나머지 업종은 13~52.8% 수준이었다. 측정건수가 10개 미만인 업종이 7개가 포함되었다. 95% tile이 높은 15개 업종에서 최대 95% 상위 노출지수는 170% 였다. 나머지 14개 업종의 95% 상위 노출지수는 72~151% 였다.

중요업종지수에 따른 상위 15개 업종의 업종별 주요 지수는 4.48~15.2이 였다. 주요 등급은 4등급 11개 업종, 3등급 3개 업종, 2등급 1개 업종이었다. 95% tile을 기준으로 계산된 노출은 4등급 3개, 3등급 1개, 2등급 10개 업종이었다.

〈표 III-262〉 용접흄의 연도별 측정현황

연도	총시료수	불검출		노출지수(EI, %)							
		시료수	(%)	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
2018	74339	441	0.6	14.04	23.77	6.5449	4.88	7.7400	0.0001	830.67	44.59
2019	80848	115	0.1	13.85	25.51	6.6354	3.92	7.2400	0.0001	799.63	44.26
2020	82004	302	0.4	13.57	25.89	6.3006	4.27	6.8400	0.0001	1262.18	44.17
2021	82016	300	0.4	11.96	21.71	5.9919	4.08	6.5765	0.0001	965.93	39.14
2022	91286	290	0.3	12.08	24.49	5.7929	4.10	6.2980	0.0001	910.12	39.50
2023	99125	300	0.3	10.95	20.34	5.4725	3.96	6.0182	0.0001	689.83	34.71
합계	509618	1748	0.3	12.65	23.64	6.0731	4.19	6.6700	0.0001	1262.18	41.25

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-263〉 용접용의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	519.5	56080	35259	24.21	43.07	11.1279	4.83	12.4000	0.0001	965.9	79.55	148.4202
2	강선 건조업	2596	76573	75.5	83098	30609	35.57	60.27	13.4532	4.52	12.9370	0.0001	1262.2	150.95	161.1098
3	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4427	71377	822.2	64507	24688	9.22	8.93	6.1133	2.77	6.6260	0.0001	218.0	25.80	32.6621
4	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21784	120380	1160.0	24312	21751	10.50	11.98	5.8687	4.22	6.7820	0.0001	258.6	33.50	62.6175
5	자동차 종합 수리업	7841	46581	1652.7	26605	21462	6.32	7.09	3.9893	3.24	4.6784	0.0001	118.1	17.09	27.6048
6	자동차 차체용 신품 부품 제조업	4296	149959	517.7	55284	20254	9.29	8.92	5.8410	3.12	6.5275	0.0001	96.9	27.23	37.9842
7	아파트 건설업	3082	330427	713.2	132075	14454	10.37	11.75	5.7986	4.00	6.9778	0.0001	324.3	33.28	56.7087
8	그 외 기타 금속 가공업	11894	57148	692.2	12041	13060	10.57	12.53	5.7505	4.17	6.5123	0.0001	191.4	34.74	60.1368
9	기타 구조용 금속제품 제조업	5913	37308	573.8	12022	12054	13.00	15.03	6.8766	4.61	8.1750	0.0001	223.9	43.30	85.0484
10	기타 선박 건조업	560	6397	48.5	36718	11819	18.58	40.36	6.4904	4.40	6.7240	0.0001	830.7	81.42	74.2880
11	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7091	46930	559.2	12541	10566	10.96	11.69	6.3942	3.73	7.2580	0.0001	197.2	35.53	55.8334
12	기타 토목 시설물 건설업	25370	259316	463.3	53757	10188	12.27	14.40	6.9271	3.56	7.5055	0.0001	236.6	41.60	55.8665
13	사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	16247	295588	353.7	40613	7862	10.13	10.73	6.3542	3.18	6.9984	0.0001	98.2	32.16	42.5092
14	육상 금속 골조 구조재 제조업	3602	25631	351.8	7718	7562	14.09	18.80	7.4727	3.76	8.2574	0.0001	336.4	46.77	65.8882
15	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	4523	29302	343.5	7832	6722	10.97	13.17	5.8277	4.85	7.0161	0.0001	461.6	35.40	78.2214

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-264〉 용접용의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}
1	국내은행	2390	42791	0.2	5	5	2	79.28	18.43	78.20	1.18	79.28	66.2460	92.3	91.01
2	철 광업	6	166	1.0	99	99	12	63.72	28.70	52.84	2.09	69.47	9.7340	97.8	92.70
3	석탄 광업	16	2365	4.0	2244	2244	199	50.18	22.58	40.25	2.55	48.48	0.1804	97.5	89.67
4	가전제품 수리업	2001	18787	0.2	5	5	5	36.82	8.01	36.11	1.22	35.91	26.8600	46.9	46.00
5	유기질 비료 및 상토 제조업	253	1003	0.7	33	33	4	22.18	11.40	19.91	1.61	20.95	10.0920	36.7	34.93
6	코르크 및 조물 제품 제조업	67	211	0.2	6	6	1	19.05		19.05	1.00	19.05	19.0520	19.1	19.05
7	컴퓨터 제조업	331	3200	0.2	8	8	1	18.00		18.00	1.00	18.00	18.0000	18.0	18.00
8	고용 알선업	4000	26256	0.2	1	1	2	17.75	7.05	17.03	1.33	17.75	12.7640	22.7	22.23
9	그 외 기타 정보 서비스업	695	6553	0.8	5	5	13	20.28	10.62	16.82	2.02	20.01	2.6220	34.4	34.30
10	상품 종합 중개업	10014	31960	0.2	3	3	1	16.29		16.29	1.00	16.29	16.2880	16.3	16.29
11	강 주물 주조업	378	4730	98.3	3665	3665	2168	26.28	32.62	15.13	3.33	17.34	0.0001	430.2	71.89
12	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	3001	7553	2.8	34	34	49	37.15	55.33	14.76	3.93	12.05	0.7880	192.6	170.42
13	강선 건조업	2596	76573	75.5	83098	83098	30609	35.57	60.27	13.45	4.52	12.94	0.0001	1262.2	150.95
14	제조업 회사 내부	1627	13935	5.0	273	273	166	28.71	42.33	13.12	3.57	12.18	0.1160	198.0	138.22
15	텔레비전 제조업	41	291	0.5	63	63	25	16.66	9.76	13.11	2.25	15.62	0.8600	33.3	31.92

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-265〉 용접흙의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	업종명	산재가입※			작업환경측정※			노출지수(EI, %)							
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	SD	GM	GSD	Med	Min	Max	X _{0.95}	X _{0.95e}
1	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	3001	7553	2.8	34	49	37.15	55.33	14.76	3.93	12.05	0.7880	192.6	170.42	140.5
2	강선 건조업	2596	76573	75.5	83098	30609	35.57	60.27	13.45	4.52	12.94	0.0001	1262.2	150.95	161.1
3	제조업 회사 내부	1627	13935	5.0	273	166	28.71	42.33	13.12	3.57	12.18	0.1160	198.0	138.22	106.6
4	그 외 기타 종합 소매업	5530	17014	1.2	26	41	31.98	50.12	10.40	5.28	10.24	0.2236	219.8	119.54	160.4
5	철 광업	6	166	1.0	99	12	63.72	28.70	52.84	2.09	69.47	9.7340	97.8	92.70	178.0
6	광업 지원 서비스업	15	135	5.3	188	97	24.21	30.81	7.37	6.14	6.26	0.0600	98.6	91.44	146.0
7	국내은행	2390	42791	0.2	5	2	79.28	18.43	78.20	1.18	79.28	66.2460	92.3	91.01	102.7
8	석탄 광업	16	2365	4.0	2244	199	50.18	22.58	40.25	2.55	48.48	0.1804	97.5	89.67	188.3
9	기타 선박 건조업	560	6397	48.5	36718	11819	18.58	40.36	6.49	4.40	6.72	0.0001	830.7	81.42	74.3
10	선박 구성 부분품 제조업	3256	52409	519.5	56080	35259	24.21	43.07	11.13	4.83	12.40	0.0001	965.9	79.55	148.4
11	건설 및 채광용 기계장비 제조업	997	14038	116.5	8856	4317	22.51	27.46	11.94	3.92	13.16	0.0001	559.7	78.45	113.0
12	요업용 도포제 및 관련제품 제조업	28	266	2.2	86	36	16.97	25.43	6.25	4.43	4.73	0.2940	98.4	78.23	72.2
13	건설용 석재 채굴 및 석색 생산업	350	3292	13.3	468	118	19.83	23.62	8.59	5.42	8.15	0.0001	92.3	75.25	138.4
14	사무용 가구 및 기기 도매업	2133	6669	1.7	52	29	18.31	31.47	5.34	8.76	10.33	0.0066	152.9	73.74	189.6
15	목재 껍질류 및 기타 적재판 제조업	505	3159	1.7	13	15	18.61	23.43	11.78	2.37	10.81	3.2000	82.4	72.04	48.8

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값,
X_{0.95}: 95% tile, X_{0.95e}: 95% 상위 추정값

〈표 III-266〉 용접용의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연번	업종명 (세세분류)	산재가입※		작업환경측정※		노출지수(EI, %)					노출 등급 (X _{0.95})	주요 등급	주요 지수
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	Med	X _{0.95}			
1	자동차 종합 수리업	7,841	46,581	1,652.7	26,605	21462	6.32	3.9893	4.6784	17.1	2	2	15.20
2	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	21,784	120,380	1,160.0	24,312	21751	10.50	5.8687	6.7820	33.5	2	4	11.45
3	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	3,001	7,553	2.8	34	49	37.15	14.7618	12.0540	170.4	4	3	8.50
4	선박 구성 부분품 제조업	3,256	52,409	519.5	56,080	35259	24.21	11.1279	12.4000	79.6	3	4	8.04
5	강선 건조업	2,596	76,573	75.5	83,098	30609	35.57	13.4532	12.9370	150.9	4	4	8.03
6	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4,427	71,377	822.2	64,507	24688	9.22	6.1133	6.6260	25.8	2	4	7.75
7	아파트 건설업	3,082	330,427	713.2	132,075	14454	10.37	5.7986	6.9778	33.3	2	4	7.15
8	그 외 기타 금속 가공업	11,894	57,148	692.2	12,041	13060	10.57	5.7505	6.5123	34.7	2	4	7.03
9	제조업 회사 본부	1,627	13,935	5.0	273	166	28.71	13.1218	12.1834	138.2	4	3	6.60
10	기타 구조용 금속제품 제조업	5,913	37,308	573.8	12,022	12054	13.00	6.8766	8.1750	43.3	2	4	6.41
11	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	7,091	46,930	559.2	12,541	10566	10.96	6.3942	7.2580	35.5	2	4	5.80
12	그 외 기타 종합 소매업	5,530	17,014	1.2	26	41	31.98	10.4033	10.2400	119.5	4	3	5.45
13	기타 토목 시설물 건설업	25,370	259,316	463.3	53,757	10188	12.27	6.9271	7.5055	41.6	2	4	5.25
14	자동차 차체용 신품 부품 제조업	4,296	149,959	517.7	55,284	20254	9.29	5.8410	6.5275	27.2	2	4	4.91
15	육상 금속 골조 구조재 제조업	3,602	25,631	351.8	7,718	7562	14.09	7.4727	8.2574	46.8	2	4	4.48

※: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, Med: 중위수, X_{0.95}: 95% tile, 노출등급(X_{0.95}): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), 주요등급: 4(X_{0.95} 및 측정사업장수 평균이상), 3(X_{0.95} 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2(X_{0.95} 평균 미만 및 측정사업장수 평균이상), 1(X_{0.95} 및 측정사업장수 평균미만), 주요지수=X_{0.95} 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

3. 고위험 업종 선정

1) 노출 등급과 주요 등급

세세업종의 각 물질별 측정여부를 확인하여, 해당물질을 측정한 자료가 있는 업종과 그렇지 않은 업종으로 구분하였다. 측정을 실시한 업종은 95% tile을 기준으로 노출 등급을 부여하였다. 주요 등급은 95% tile과 측정사업장 수를 이용하여 산출하였다. 노출 등급은 95% tile의 절대적인 평가에 의해서 결정되므로, 대부분의 업종에서 노출수준이 낮은 경우에는 3, 4 등급이 없거나 적었다. 그러나, 주요 등급은 평균의 개념을 적용하여 비교하였으므로, 상대적인 비교가 되어 3, 4 등급에 해당하는 업종 수가 노출 등급보다 많은 경향이 있었다.

(1) 유기화합물

유기화합물 20종의 물질별 측정 실시 업종수, 노출 등급 및 주요 등급을 표기하였다. 브롬화 메틸, 1,1,2,2-트리클로로에탄, 이황화탄소, 아닐린은 100개 미만의 비교적 적은 업종에서 측정이 이루어졌다. 반면, 톨루엔, 크실렌, n-헥산, 디플로로메탄, 시클로헥산, 시클로헥사논은 500개 이상의 업종에서 평가가 이루어 졌다.

노출 등급은 0등급이 전체의 55.6%, 1등급은 27.6%, 2등급은 15.4, 3등급은 1.3% 였으며, 4등급은 총 8개 업종(0.1%)였다. 주요 등급에서는 1등급 64.7%, 2등급(8.9%), 3등급 18.3%, 4등급 8.1%였다. 디클로로메탄은 노출 등급 4등급에 4개 업종이 있었으며, 주요 업종 4등급으로 80개 업종이 선정되었다. 1,1,2,2-트리클로로에탄은 모두 3등급으로 분류되었는데, 이는 불검출값을 대체한 값이 노출기준 대비 매우 커서 이렇게 되었다.

〈표 III-267〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -유기화합물

연번	물질명	업종 수		노출 등급					주요 등급			
		측정	미측정	0	1	2	3	4	1	2	3	4
1	디클로로메탄	580	617	185	126	236	29	4	327	29	144	80
2	메탄올	112	1085	74	28	9	1	-	80	9	13	10
3	메틸클로로포름	246	951	230	14	2	-	-	165	42	27	12
4	MDI*	305	892	229	65	11	-	-	208	30	46	21
5	무수 프탈산	117	1080	107	7	3	-	-	87	20	6	4
6	브롬화 메틸	10	1187	8	2	-	-	-	5	3	2	-
7	스티렌	480	717	291	93	72	24	-	351	25	85	19
8	시클로헥사논	538	659	366	123	48	1	-	368	46	99	25
9	시클로헥산	549	648	432	107	10	-	-	383	60	73	33
10	아닐린	86	1111	83	1	2	-	-	69	13	1	3
11	아세토니트릴	272	925	101	89	81	1	-	155	17	62	38
12	이황화탄소	53	1144	32	8	13	-	-	34	4	8	7
13	크실렌	743	454	356	363	23	1	-	465	43	165	70
14	1,1,2,2-TCE*	28	1169	-	-	28	-	-	16	9	2	1
15	톨루엔	796	401	238	275	268	14	1	474	56	184	82
16	2,4-TDI*	254	943	116	92	46	-	-	153	17	57	27
17	2,6-TDI*	233	964	103	85	41	4	-	149	21	41	22
18	트리클로로메탄	483	714	352	55	65	8	3	317	68	70	28
19	HDI*	228	969	144	65	18	1	-	142	30	42	14
20	n-헥산	652	545	313	271	65	3	-	427	62	109	54
	합계(%)	6765 (100)	- -	3760 (55.6)	1869 (27.6)	1041 (15.4)	87 (1.3)	8 (0.1)	4375 (64.7)	604 (8.9)	1236 (18.3)	550 (8.1)

*1,2,2,2-테트라클로로메탄, 메틸렌비스(페닐이소시아네이트), 톨루엔-2,4-디이소시아네이트, 톨루엔-2,6-디이소시아네이트, 헥사메틸렌디이소시아네이트

노출등급($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), 주요등급: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만)

(2) 금속류

10종의 금속류에 대한 노출 등급과 주요 등급은 아래와 같았다. 금속은 노출기준이 크게 나뉘어 지는 경우가 있어서 이러한 경우에는 가급적 별도로 분석하고자 하였다. 니켈은 3종으로 분류하였으며, 알루미늄은 5종, 주석은 2종으로 분류하였다. 니켈, 수은, 인듐의 측정 업종은 100개 미만으로 작았으며, 망간, 크롬, 산화아연, 주석(금속 및 산화물)은 500개 이상으로 많았다.

노출 등급에서 0등급은 63.8%, 1등급은 26.0%, 2등급은 9.4%, 3등급은 0.7%, 4등급은 0.1% 였다. 주요 등급은 1등급 65.6%, 2등급 9.9%, 3등급 16.7%, 4등급 7.8% 였다. 유기화합물 20종의 결과와 유사하게 나타났다.

〈표 III-268〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -금속류

연번	물질명	업종 수		노출 등급					주요 등급			
		측정	미측정	0	1	2	3	4	1	2	3	4
21	니켈(금속)	440	757	389	48	3	-	-	304	59	47	30
	니켈(가용성)	296	901	167	108	19	2	-	210	15	55	16
	니켈 카르보닐	5	1192	3	-	2	-	-	3	-	-	2
22	망간	770	427	428	289	50	2	1	514	64	127	65
23	산화아연	562	635	454	92	16	-	-	397	70	55	40
24	수은(아릴/알킬)	59	1138	49	4	6	-	-	30	19	5	5
25	안티몬	351	846	288	57	6	-	-	232	55	39	25
26	알루미늄	793	404	731	60	2	-	-	507	64	150	72
27	인듐 및 그 화합물	93	1104	41	38	7	3	4	60	24	5	4
28	주석(금속/산화 등)	508	689	434	72	2	-	-	320	42	105	41
	주석(유기)	128	1069	84	25	18	1	-	84	15	16	13
29	코발트	343	854	171	111	53	8	-	235	35	43	30
30	크롬(3가)화합물	736	461	599	137	-	-	-	442	61	152	81
	합계(%)	5084 (100)	-	3838 (75.5)	1041 (20.5)	184 (3.6)	16 (0.3)	5 (0.1)	3338 (65.7)	523 (10.3)	799 (15.7)	424 (8.3)

노출등급($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), 주요등급: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만)

(3) 산 및 알칼리

산 및 알칼리에서는 2종의 산에 대한 자료이며, 불화수소는 TWA 평가와 Ceiling 평가값이 있었다. 측정 업종 수에 약간의 차이가 있었는데, 이는 기준에 미흡한 데이터를 삭제하면서 생긴 현상일 것으로 생각된다. 염화수소를 측정한 업종이 500개 이상으로 많았다.

노출 등급에서 대부분이 2등급 이하에 해당하는 것으로 평가되었고, 3등급 1개 업종이 있었다. 주요 등급에서는 4등급이 6.7%에 해당하였다.

〈표 III-269〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -산및알칼리

연번	물질명	업종 수		노출 등급					주요 등급			
		측정	미측정	0	1	2	3	4	1	2	3	4
31	불화수소(TWA)	278	919	197	62	18	1	-	186	32	45	15
	불화수소(Ceiling)	272	925	186	55	31	-	-	180	33	45	14
32	염화수소	563	634	210	333	20	-	-	342	50	125	46
	합계(%)	1113 (100)	- -	593 (53.3)	450 (40.4)	69 (6.2)	1 (0.1)	0 (0.0)	708 (63.6)	115 (10.3)	215 (19.3)	75 (6.7)

노출등급($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), 주요등급: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만)

(4) 가스상태물질

가스상태물질에는 7개 물질이 있고, 삼수소화비소의 측정 업종은 45개로 적었고, 암모니아는 500개 이상으로 많았다. 노출 등급에서 0등급과 1등급이 86.4%로 대부분을 차지하였고, 2등급은 12.1% 였다. 3등급은 이산화질소와 일산화탄소에서만 있었고 1.6%의 비율이었고, 4등급에 해당하는 업종은 없었다.

〈표 III-270〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -가스상

연번	물질명	업종 수		노출 등급					주요 등급			
		측정	미측정	0	1	2	3	4	1	2	3	4
33	삼수소화 비소	45	1152	13	31	1	-	-	29	6	8	2
34	시안화 수소	142	1055	55	55	32	-	-	88	2	42	10
35	암모니아	548	649	377	147	24	-	-	369	75	73	31
36	염소	161	1036	37	113	11	-	-	88	21	37	15
37	이산화질소	143	1054	61	60	13	9	-	99	16	24	4
38	일산화탄소	287	910	120	85	64	18	-	176	40	46	25
39	황화수소	375	822	134	181	60	-	-	223	30	77	45
	합계(%)	1701 (100)	- -	797 (46.9)	672 (39.5)	205 (12.1)	27 (1.6)	0 (0.0)	1072 (63.0)	190 (11.2)	307 (18.0)	132 (7.8)

노출등급($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), **주요등급**: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만)

(5) 허가대상물질

허가대상물질류 중 측정건수가 적거나, 대부분 불검출인 7개 물질에 대한 분석은 향후 진행할 예정이다. 허가대상물질의 측정 업종은 150개 미만으로 적은 편이었다. 노출 등급은 0등급 53.1%, 1등급 22.8%, 2등급 22.8%, 3등급 1.2% 였으며, 4등급은 없었다. 콜타르피치 휘발물의 경우 2등급이 많았는데, 이는 중량분석 시 상당한 검출한계와 관련이 있을 것으로 보인다.

〈표 III-271〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -허가대상물질

연번	물질명	업종 수		노출 등급					주요 등급			
		측정	미측정	0	1	2	3	4	1	2	3	4
40	α -나프틸아민	4	1193	4	-	-	-	-				
41	디아니시딘	8	1189	8	-	-	-	-				
42	디클로로벤지딘	5	1192	5	-	-	-	-				
43	베릴륨 및 그 화합물	36	1161	34	2	-	-	-				
44	벤조트리클로라이드	0	1197	-	-	-	-	-				
45	비소 및 그 무기화합물	140	1057	78	46	15	1	-	82	26	21	11
46	염화비닐	115	1082	88	15	11	1	-	74	20	17	4
47	콜타르피치 휘발물	42	1155	3	3	36	-	-	16	2	15	9
48	크롬광 가공	8	1189	3	3	2	-	-				
49	크롬산 아연	40	1157	10	13	15	2	-	17	8	7	8
50	o-톨리딘	14	1183	14	-	-	-	-				
51	황화니켈류	5	1192	4	1	-	-	-				
	합계(%)	417 (100)	- -	251 (60.2)	83 (19.9)	79 (18.9)	4 (1.0)	0 (0.0)	189 (56.1)	56 (16.6)	60 (17.8)	32 (9.5)

노출등급($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), 주요등급: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만)

*주요등급에서 대각선은 대부분의 데이터가 불검출로 분석의 의미가 없는 경우임.

**주요등급의 합계는 주요등급이 부여된 4개 물질 기준임.

(6) 분진

3종의 분진 중 석면분진은 75개 업종에서 측정되었고 용접흙은 747개 업종에서 평가되었다. 노출 등급은 다른 물질들과는 달리, 0등급의 비율이 3.5%로 낮았다. 1등급은 16.5%, 2등급은 75.9%, 3등급은 3.7%, 4등급은 용접흙에서 4개 업종(0.4%) 있었다. 이에 비해서, 주요 등급은 다른 물질들과 비슷하게 비율을 유지하는 것으로 보인다. 1등급 56%, 2등급 3.8%, 3등급 27.3%, 4등급 12.9% 였다. 3종 중 석면분진은 분석방법이 다르며, 다른 2종에 비해서 노출 0등급의 비율이 높았다. 곡물 분진과 용접흙은 중량분석방법이 같으며, 비슷한 분포를 보인 것으로 보인다. 또한, 중량분석을 하는 콜타르 피치 휘발물도 비슷한 특성이 있는 것으로 판단된다.

〈표 III-272〉 물질별 노출 등급 및 주요 등급 업종 수 -분진

연번	물질명	업종 수		노출 등급					주요 등급			
		측정	미측정	0	1	2	3	4	1	2	3	4
52	곡물 분진	198	999	-	37	151	10	-	101	5	64	28
53	석면 분진	75	1122	34	21	18	2	-	47	8	10	10
54	용접흙	747	450	2	110	605	26	4	423	26	204	94
	합계(%)	1020 (100)	- -	36 (3.5)	168 (16.5)	774 (75.9)	38 (3.7)	4 (0.4)	571 (56.0)	39 (3.8)	278 (27.3)	132 (12.9)

노출등급($X_{0.95}$): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), 주요등급: 4($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균이상), 3($X_{0.95}$ 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2($X_{0.95}$ 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1($X_{0.95}$ 및 측정사업장수 평균미만)

2) 고위험 업종 선정

여기에서는 노출 등급과 주요 업종 등급을 고려하여 고위험 업종을 선정하고자 한다. 주요 업종은 측정사업장 수와 95% 상위 노출지수의 평균이상인 경우 4등급으로 분류되는데, 측정 업종이 많을 경우 주요 업종 4등급은 너무 많이 선정되는 경향이 있다. 그러므로 아래와 같이, 주요 업종 등급과 노출 등급을 곱하여 12점 이상이면 고위험 업종을 선정하고, 16점이면 초고위험 업종으로 선정하였다.

(1) 유기화합물

유기화합물 20종 중에서 초고위험으로 선정된 업종은 디클로로메탄에서만 1개 업종(목재 문 및 관련제품 제조업)이 선정되었다.

고위험 업종이 선정된 물질은 디클로로메탄, 메탄올, 스티렌, 크실렌, 톨루엔, 2,6-TDI, 트리클로로메탄 이었다.

〈표 III-273〉 물질별 고위험 업종 선정 - 유기화합물

연번	물질명	한국표준산업분류(10차 기준)*	
		초고위험	고위험
1	디클로로메탄	16221 (1)	15220, 16103, 16229, 23129, 25119, 25914, 25932, 25999, 28519, 32099 (10)
2	메탄올	-	23992 (1)
3	메틸클로로포름	-	-
4	MDI*	-	-
5	무수 프탈산	-	-
6	브롬화 메틸	-	-
7	스티렌	-	22222, 22229, 22292 (3)
8	시클로헥사논	-	-
9	시클로헥산	-	-
10	아닐린	-	-
11	아세토니트릴	-	-
12	이황화탄소	-	-
13	크실렌	-	31111 (1)
14	1,1,2,2-TCE*	-	-
15	톨루엔	-	15211, 16211, 18113, 22231, 31120 (5)
16	2,4-TDI*	-	-
17	2,6-TDI*	-	33303 (1)
18	트리클로로메탄	-	24132, 25111, 25113, 29180, 29229 (5)
19	HDI*	-	-
20	n-헥산	-	-

*세세업종명은 부록 참조

〈표 III-274〉 물질별 고위험 업종 선정 - 금속류

연번	물질명	한국표준산업분류(10차 기준)*	
		초고위험	고위험
21	니켈(금속)	-	-
	니켈(가용성)	-	28202 (1)
	니켈 카르보닐	-	-
22	망간	-	47190 (1)
23	산화아연	-	-
24	수은(아릴/알킬)	-	-
25	안티몬	-	-
26	알루미늄	-	-
27	인듐 및 그 화합물	-	20129, 24211, 24212, 24219, 25999, 29272, 29280 (7)
28	주석(금속/산화 등)	-	-
	주석(유기)	-	-
29	코발트	-	20129, 25911, 25933 (3)
30	크롬(3가)화합물	-	-

*세세업종명은 부록 참조

〈표 III-275〉 물질별 고위험 업종 선정 - 산,가스,허가,분진

연번	물질명	한국표준산업분류(10차 기준)*	
		초고위험	고위험
31	불화수소(TWA/C)	-	-
32	염화수소	-	-
33	삼수소화 비소	-	-
34	시아나화 수소	-	-
35	암모니아	-	-
36	염소	-	-
37	이산화질소	-	07110, 23312 (2)
38	일산화탄소	-	05100, 07110, 23312, 24311, 25999, 30320, 38210, 38220 (8)
39	황화수소	-	-
40	α -나프틸아민	-	-
41	디아니시딘	-	-
42	디클로로벤지딘	-	-
43	베릴륨	-	-
44	벤조트리클로라이드	-	-
45	비소 및 화합물	-	-
46	염화비닐	-	-
47	콜타르피치 휘발물	-	-
48	크롬광 가공	-	-
49	크롬산 아연	-	-
50	o-톨리딘	-	-
51	황화니켈류	-	-
52	곡물 분진	-	10129, 10730, 11121, 20312 (4)
53	석면 분진	-	-
54	용접흄	31111 (1)	24312, 24329, 29241, 31113, 31114, 47190, 47519, 71511 (8)

*세세업종명은 부록 참조

4. 작업환경측정결과 활용 방안

1) 기관구분별 활용 방안

(1) 작업환경측정기관

작업환경기관에 근무하는 전문가 5명과 함께 활용방안에 대하여 논의하고 의견을 수렴하였다. 아래의 내용은 제시된 의견 중 주요 내용이며, 모두가 모든 의견에 동의 하는지 확인한 것은 아니었고, 다양한 의견을 수집하고자 하였다.

신규사업장이나 비용지원사업장 등을 대상으로 사전확인용으로 사업장관리 번호로 검색하여 연도(반기)별 측정유무를 확인할 수 있는 시스템이 있으면 좋겠다고 제안되었다. 소규모 사업장의 경우, 작업환경측정에 대한 인식이 낮아서 측정실시여부를 잘 모르는 경우가 있고, 이러한 곳을 측정한 후에 K2B에 전송하는 과정에서 이미 해당 반기에 측정을 실시했음을 발견하는 경우가 종종 발생한다고 한다. 이러한 오류를 방지하기 위하여 측정실시 전에 측정실시여부를 확인할 수 있는 시스템이 필요하다.

개별사업장별 농도추이를 확인하는 기능 등이 추가적으로 있으면 활용성이 있을 것이라는 의견이 있었다. 측정기관이 관리하는 사업장에 대한 연도별 측정결과와 변화를 모니터링 하기 위함이다.

사업장의 키 값으로 산재가입증명원에 따른 관리번호와 개시번호를 사용해야 한다는 의견이 있었다. 이는 측정기관이 현장에서 사업장의 고유 관리번호와 개시번호를 파악하기 위하여 시행하는 것으로, 이렇게 확보된 자료를 사용하여 측정결과를 입력한다면 사업장의 식별에 오류가 없을 것으로 생각된다.

예비조사 보고시스템이 구축되었으면 좋겠다는 의견이 있었다. 이는 예비조사의 신뢰성을 확보하는 방법이며, 측정기관에서는 비용산정의 근거로서 활용이 될 것이다. 주기완화된 사업장이라 하더라도 6개월 주기로 예비조사를

실시하고 결과를 입력한다면 작업환경변경 등을 모니터링하는 효과도 있을 것으로 생각된다. 필요하다면, 환기시설, 보호구 등 노출에 영향을 미치는 변수에 대한 조사를 할 수 있고, 이를 근거로 산업보건정책에 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 작업환경측정 이후에 발생할 수 있는 사업장과 측정기관간의 이전을 방지하기 위하여, 사업장에서 제공한 정보의 종류, 파악된 정보 등을 기입하고 사업장 담당자의 참여와 확인을 하도록 할 필요가 있다는 의견도 있었다.

지역별로 특이사항에 대한 정보공유 채널이 있었으면 좋겠다는 의견도 있었다. 특정지역별로 화학물질을 납품하는 회사가 정해져 있는 경우가 많으므로, 어느 한 사업장에서 물질을 변경한 경우 주변에서도 변경되었을 가능성이 높다고 하였다. 그러므로, 이러한 정보를 서로 공유한다면, 측정대상물질의 누락 등을 방지할 수 있을 것으로 생각된다.

전문가들의 의견과는 별개로, 데이터의 내용과 구조를 이해하는 연구자로서 활용 방안을 제시해 보면 아래와 같다.

가) 업종/공정/직종으로 접근

작업환경측정기관 종사자의 경우, 신규 사업장을 발굴 하거나 신규 사업장의 일반적인 유해인자를 파악하기 위한 용도로 활용이 가능할 것으로 생각된다. 신규 사업장의 업종으로 검색하여, 해당 업종에서 주로 평가하는 유해인자의 종류, 측정건수 및 노출수준에 대한 정보를 얻는다면 예비조사 또는 측정전략을 수립하는데 참고가 될 수 있을 것이다.

<검색(예시)>		<출력(예시)>	
업종 = ???		유해인자	측정건수
공정 = ???		소음	연간 100-200건
직종 = ???		벤젠	연간 10-20건
		톨루엔	연간 20-50건
			Level 0,1,2,3,4
		최근5년, 구간화	평균95%신뢰구간 or $X_{0.95}$
		(정렬기준)	연간 10건 미만은 제외?

[그림 III-50] 업종/공정/직종으로 검색(예시)

나) 유해인자로 접근

유해인자를 기준으로 작업환경 측정현황을 확인해 볼 수 도 있다. 특정유해인자를 입력하면, 해당 인자를 평가한 세세업종, 측정건수, 농도수준 등에 대한 정보를 얻을 수 있다.

<검색(예시)>		<출력(예시)>	
유해인자 = ???		업종	측정건수
		세세1	연간 100-200건
		세세2	연간 10-20건
		세세3	연간 20-50건
			Level 0,1,2,3,4
		최근5년, 구간화	평균95%신뢰구간 or $X_{0.95}$
		(정렬기준)	연간 10건 미만은 제외?

[그림 III-51] 유해인자로 검색(예시)

(2) 고용노동부/공공기관

가) 내부전산 활용

고용노동부와 안전보건공단은 내부 전산망에서 관할지역 개별 사업장의 측정자료를 확인할 수 있는 시스템이 구축되어 있다. 그리고, 다른 자료와의 연계 등에 많은 노력들이 더해지고 있다. 다만, 특정 정보의 유출을 방지하기 위하여 자료의 특성에 따라서 접근 권한을 부여하고, 자료 다운로드 등의 기록을 모니터링하는 등 정보보안에 힘쓰고 있다.

근로복지공단은 산업재해심사를 위하여 작업환경측정 자료가 필요하며, 안전보건공단과 전산시스템의 연계를 통하여 자료를 활용하고 있다.

내부 및 외부공공기관 등의 요구사항은 수시로 접수하여 검토 및 처리하고 있다. 시스템을 업데이트할 때는 사용 목적이 적정해야 하며, 정보보안에 유의할 필요가 있다.

(3) 연구자

가) 내용

연구자들은 일반적으로 원시데이터를 원하는 경우가 많다. 다양한 관점에서 분석하기 위해서 필요한 부분이다. 한편으로는 개별 사업장의 정보가 외부로 유출될 가능성이 매우 높다. 이에 적정한 수준에서 정보를 제공하는 것이 필요하며, 정보 제공시 연구목적 외 외부 유출을 금지하고, 연구 종료시 자료를 삭제하도록 하고 있다.

향후, 다른 공공기관에서 사용하는 방법을 참고하여, 시스템을 구축하고 연구자들이 지정된 장소에서 지정된 시간에 원시데이터를 분석할 수 있도록 하고, 자료의 외부 반출은 별도의 승인을 거치도록 하는 방법이 고려될 수 있다. 이에 대한 세부적인 절차와 시스템 구축이 필요할 것이다.

2) 자료처리 및 시각화 방안

(1) 불검출 자료의 처리

매탄올의 측정데이터를 사용하여 불검값을 대체하는 경우(보고된 최소값의 1/2 값으로 대체)와 불검출값을 제외하고 처리하여 비교하였다.

매탄올의 불검출율은 80% 였으며, 산술평균 노출지수는 불검출 대체의 경우 1.47% 수준이었으나, 불검출 제거 후에는 7.33%로 나타나서 약 5배 차이가 있었다. 기하평균 노출지수는 약 1000배 차이가 있으며, 95% 상위 노출지수는 약 5배 차이가 있었다.

불검출 대체의 경우 대체된 값은 0.0002% 수준이었다. 물질별로 최소값의 수준에 따라 너무 큰 차이를 보이는 것으로 보인다. 불검출 대체의 경우에, 단순대체 외에도 여러 가지 통계적 방법이 있으며, 편의성 등을 고려하여 방안을 마련할 필요가 있을 것으로 보인다. 불검출이 많은 경우에는 자료를 여

리방식으로 변환하더라도 정규분포가 되지 않는 경우가 많아서, 통계적인 분석이 어려워 질수 있다.

불검출을 제거한 경우, 불검출도 하나의 측정값으로 해석하는 많은 입장에서 자료의 인위적인 처리로 판단할 수도 있다. 그러나, 불검출을 제거하는 경우에는 자료의 변환을 통하여 대부분 정규분포의 형태를 만들 수 있고, 통계적 분석이 가능하게 되는 장점이 있다.

측정건수 상위 15개 업종분석에서도 불검출을 대체한 경우와 불검출을 제외한 경우를 표로 비교해 보았다. 불검출을 제거한 경우에도 9개의 업종이 남아 있었으나, 6개의 업종은 교체되었다. 또한 순위에도 변경이 있었다. 단순히 측정건수가 많은 업종에 관심을 두는 것이 합리적인지, 검출값이 많은 업종에 관심을 두는 것이 합리적인지 생각해 볼 문제이다.

기하평균 상위 15개 업종분석에서도 불검출을 제거한 경우에는 6개의 업종이 교체되었으며, 순위에도 변경이 있었다. 다만, 본 분석에서는 시료수가 1개인 경우에도 포함하여 분석하였는데, 1개 시료의 분석값에 의해서 업종의 순위가 크게 바뀌게 되므로 최소한의 데이터 수를 지정하는 것도 필요할 수 있을 것으로 생각된다. 통계적 분석을 위해서는 4개 이상의 유효값이 있는 경우로 한정하여 분석할 필요가 있어 보인다.

95% 상위 노출지수 상위 업종분석에서는 5개의 업종에서 차이를 보였고, 순위에서도 일부 차이를 보였다. 불검출 대체 시 95% 상위 노출지수는 7.2~75.5% 범위였으며, 불검출 제외 시 95% 상위 노출지수는 9.9~89.2%로 나타나서 약간 증가한 것으로 나타났다.

중요업종지수산출에 따른 분석에서 비교해 보면, 2개 업종이 교체되었고, 일부 순위에서 변경된 부분이 있었다. 동 자료에서는 측정 사업장수는 업종에 대해서 고정시켰다. 즉, 불검출만 있는 사업장도 불검출을 제거한 데이터의 사업장 수에는 포함되어 있다. 주요지수(II), 주요등급(IR) 및 노출등급(RR)은 95% 상위 노출지수의 변경에 의해서 일부 조정된 값이 있었다. 주요등급은

불검출 대체 시 4등급 9개 업종, 3등급 4개 업종, 2등급 2개 업종에서, 불검출 제거 시 4등급 10개 업종, 3등급 3개 업종, 2등급 2개 업종이었다. 불검출 대체 시 주요등급 4등급 1개 업종과 3등급 1개 업종이 불검출 제거 시 사라지고, 4등급 2개 업종이 새롭게 추가되었다.

불검출 자료가 많은 경우, 불검출 자료의 사용유무 및 처리방법에 따라서 주요 업종이나 고위험 업종에서 선정되는 업종이 달라질 수 있음을 알 수 있다. 중요업종지수산출 방식을 더 고도화한다면, 이러한 문제점을 일부 극복하고 실질적인 고위험 업종을 선정할 수 있을 것으로 생각된다.

〈표 III-276〉 불검출 처리에 따른 메탄올의 연도별 측정현황

연도	검출 시료수	불검출		노출지수(EI, %, substituted ND)				노출지수(EI, %, removed ND)			
		시료수	(%)	AM	GM	Med	X _{0.95}	AM	GM	Med	X _{0.95}
2018	112	436	79.6	1.89	0.0016	0.0002	13.40	9.25	4.19	4.83	31.99
2019	122	561	82.1	1.45	0.0011	0.0002	6.59	8.10	2.36	2.32	33.78
2020	142	379	72.7	2.29	0.0027	0.0002	9.37	8.40	2.64	2.80	25.79
2021	69	276	80.0	1.23	0.0013	0.0002	5.88	6.14	1.99	1.84	24.03
2022	56	348	86.1	0.56	0.0007	0.0002	2.33	4.05	1.19	1.37	20.96
2023	71	282	79.9	0.92	0.0009	0.0002	1.07	4.58	0.29	0.35	29.83
합계	572	2,282	80.0	1.47	0.0013	0.0002	6.70	7.33	1.91	2.30	31.62

AM: 산술평균, SD: 표준편차, GM: 기하평균, GSD: 기하표준편차, Med: 중위수, Min: 최소값, Max: 최대값, X_{0.95}: 95% 상위 추정값

〈표 III-277〉 불검출 처리에 따른 메탄올의 측정건수 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	노출지수(EI, %, substituted ND)							노출지수(EI, %, removed ND)						
	업종명	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	X _{0.95}	업종명	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	X _{0.95}
1	종합병원	10.3	22,453.8	630	0.11	0.0004	0.26	자동차 종합 수리업	28.2	283.7	78	3.19	1.60	11.82
2	자동차 종합 수리업	28.2	283.7	304	0.82	0.0020	4.46	종합병원	10.3	22453.8	74	0.93	0.15	2.17
3	자동차 전문 수리업	15.3	85.8	135	0.71	0.0031	3.21	강 주물 주조업	5.7	123.7	59	12.38	6.20	42.06
4	일반병원	3.0	1,871.3	118	0.35	0.0004	0.19	연마재 제조업	1.5	41.5	49	26.08	10.80	89.15
5	강 주물 주조업	5.7	123.7	100	7.30	0.0934	32.37	자동차 전문 수리업	15.3	85.8	41	2.34	1.49	5.68
6	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	4.0	274.8	98	0.00	0.0003	0.00	기타 인쇄업	3.7	58.5	38	16.90	8.14	40.04
7	항공기용 부품 제조업	0.5	163.7	90	0.07	0.0003	0.00	접착제 및 젤라틴 제조업	2.5	65.0	27	7.24	5.23	16.55
8	연마재 제조업	1.5	41.5	79	16.18	0.1749	75.49	금속 열처리업	1.8	22.0	18	2.99	1.73	7.74
9	접착제 및 젤라틴 제조업	2.5	65.0	72	2.72	0.0093	15.59	동 주물 주조업	1.5	36.3	16	2.31	1.52	4.79
10	1차유리제품,유리섬유및광 학용	0.7	79.3	72	0.69	0.0010	5.26	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리	0.7	79.3	12	4.16	2.31	9.90
11	원재 의약품 제조업	0.3	206.2	71	0.04	0.0003	0.22	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	1.3	29.3	11	6.10	4.48	13.86
12	기타 인쇄업	3.7	58.5	56	11.47	0.2697	39.02	그 외 기타 보건업	0.8	140.0	10	1.14	0.29	5.26
13	플라스틱 접착처리 제품 제조업	2.2	109.7	56	0.00	0.0002	0.00	일반용 도로 및 관련제품 제조업	2.5	49.3	9	6.12	3.94	17.54
14	선박 구성 부분품 제조업	2.3	348.0	55	0.57	0.0004	0.48	이동 전화기 제조업	0.5	12.5	9	7.93	5.48	20.31
15	동 주물 주조업	1.5	36.3	44	0.84	0.0059	3.66	플라스틱 필름 제조업	0.3	6.0	8	8.06	3.57	17.32

*사업장수 및 근로자수: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, X_{0.95}: 95% tile

〈표 III-278〉 불검출 처리에 따른 메탄올의 기하평균 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	노출지수(EI, %, substituted ND)						노출지수(EI, %, removed ND)							
	업종명	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	X _{0.95}	업종명	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	X _{0.95}
1	플라스틱포대, 봉투및유사제품	0.3	9.7	4	31.30	30.58	40.20	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	0.3	9.7	4	31.30	30.58	40.20
2	일반 철물 제조업	0.2	3.7	1	9.85	9.85	9.85	기타 절연선 및 케이블 제조업	0.5	74.2	3	20.65	19.43	25.91
3	그 외 기타 전자 부품 제조업	0.2	1.0	2	4.26	4.14	5.15	연마재 제조업	1.5	41.5	49	26.08	10.80	89.15
4	플라스틱 필름 제조업	0.3	6.0	8	8.06	3.57	17.32	일반 철물 제조업	0.2	3.7	1	9.85	9.85	9.85
5	이동 전화기 제조업	0.5	12.5	10	7.13	1.98	20.11	기타 목재 가구 제조업	0.2	3.3	1	9.36	9.36	9.36
6	그 외기타분류인된 화학제품제조	1.3	29.3	15	4.47	0.33	12.04	기타 인쇄업	3.7	58.5	38	16.90	8.14	40.04
7	기타 인쇄업	3.7	58.5	56	11.47	0.27	39.02	도금업	0.5	7.7	1	7.71	7.71	7.71
8	연마재 제조업	1.5	41.5	79	16.18	0.17	75.49	도장 및 기타 피막 처리업	2.2	21.2	2	7.06	6.36	9.83
9	경 인쇄업	0.8	9.3	10	2.20	0.10	8.69	강 주물 주조업	5.7	123.7	59	12.38	6.20	42.06
10	강 주물 주조업	5.7	123.7	100	7.30	0.09	32.37	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	0.5	19.7	2	6.45	6.12	8.31
11	기타 절연선 및 케이블 제조업	0.5	74.2	6	10.33	0.07	25.64	박판, 합판 및 유사 적층판 제조업	0.3	66.2	2	6.05	6.05	6.08
12	기타 목재 가구 제조업	0.2	3.3	2	4.68	0.05	8.89	차체 및 특장차 제조업	0.5	27.8	1	5.59	5.59	5.59
13	박판, 합판 및 유사 적층판 제조업	0.3	66.2	4	3.03	0.04	6.07	이동 전화기 제조업	0.5	12.5	9	7.93	5.48	20.31
14	공기 조화장치 제조업	0.5	121.7	6	2.75	0.03	8.80	점착제 및 젤라틴 제조업	2.5	65.0	27	7.24	5.23	16.55
15	액체 펌프 제조업	0.3	2.8	2	1.43	0.03	2.73	그 외 기타 분류 인된 금속 기공제품 제조업	0.3	1.7	1	4.77	4.77	4.77

*사업장수 및 근로자수: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, X_{0.95}: 95% tile

〈표 III-279〉 불검출 처리에 따른 메탄알의 95%tile 상위 15 세세업종의 측정현황

연 번	노출지수(EI, %, substituted ND)							노출지수(EI, %, removed ND)						
	업종명	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	X _{0.95}	업종명	사업장 수	근로자 수	n	AM	GM	X _{0.95}
1	연마재 제조업	1.5	41.5	79	16.18	0.17	75.49	연마재 제조업	1.5	41.5	49	26.08	10.80	89.15
2	플라스틱포대, 봉투및유사제품	0.3	9.7	4	31.30	30.58	40.20	강 주물 주조업	5.7	123.7	59	12.38	6.20	42.06
3	기타 인쇄업	3.7	58.5	56	11.47	0.27	39.02	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	0.3	9.7	4	31.30	30.58	40.20
4	강 주물 주조업	5.7	123.7	100	7.30	0.09	32.37	기타 인쇄업	3.7	58.5	38	16.90	8.14	40.04
5	기타 절연선 및 케이블 제조업	0.5	74.2	6	10.33	0.07	25.64	기타 절연선 및 케이블 제조업	0.5	74.2	3	20.65	19.43	25.91
6	이동 전화기 제조업	0.5	12.5	10	7.13	1.98	20.11	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	1.5	58.2	6	8.82	4.13	23.29
7	그 외기타 특수목적용 기계제조업	1.5	58.2	20	2.65	0.00	20.03	이동 전화기 제조업	0.5	12.5	9	7.93	5.48	20.31
8	플라스틱 필름 제조업	0.3	6.0	8	8.06	3.57	17.32	선박 구성 부분품 제조업	2.3	348.0	5	6.24	0.48	20.10
9	접착제 및 젤라틴 제조업	2.5	65.0	72	2.72	0.01	15.59	일반용 도로 및 관련제품 제조업	2.5	49.3	9	6.12	3.94	17.54
10	그외기타분류안된화학제품 제조업	1.3	29.3	15	4.47	0.33	12.04	플라스틱 필름 제조업	0.3	6.0	8	8.06	3.57	17.32
11	일반 철물 제조업	0.2	3.7	1	9.85	9.85	9.85	접착제 및 젤라틴 제조업	2.5	65.0	27	7.24	5.23	16.55
12	기타 목재 가구 제조업	0.2	3.3	2	4.68	0.05	8.89	일반병원	3.0	1871.3	8	5.15	1.03	14.88
13	공기 조화장치 제조업	0.5	121.7	6	2.75	0.03	8.80	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	1.3	29.3	11	6.10	4.48	13.86
14	경 인쇄업	0.8	9.3	10	2.20	0.10	8.69	자동차 종합 수리업	28.2	283.7	78	3.19	1.60	11.82
15	금속 열처리업	1.8	22.0	34	1.58	0.02	7.18	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리 제조업	0.7	79.3	12	4.16	2.31	9.90

※사업장수 및 근로자수: 연평균('18~'23), AM: 산술평균, GM: 기하평균, X_{0.95}: 95% tile

〈표 III-280〉 불검출 처리에 따른 메탄올의 주요 업종 (중요업종지수 상위 15개 업종)

연 번	노출지수(EI, %, substituted ND)							노출지수(EI, %, removed ND)						
	업종명	사업장 수	n	X _{0.95}	RR	IR	II	업종명	사업장수	n	X _{0.95}	RR	IR	II
1	자동차 종합 수리업	28.2	304	4.5	1	4	8.56	자동차 종합 수리업	28.2	78	11.8	2	4	8.66
2	연마재 제조업	1.5	79	75.5	3	4	7.25	연마재 제조업	1.5	49	89.1	3	4	5.59
3	자동차 전문 수리업	15.3	135	3.2	1	2	4.39	자동차 전문 수리업	15.3	41	5.7	1	2	4.19
4	기타 인쇄업	3.7	56	39.0	2	4	4.29	강 주물 주조업	5.7	59	42.1	2	4	3.65
5	강 주물 주조업	5.7	100	32.4	2	4	4.25	기타 인쇄업	3.7	38	40.0	2	4	2.88
6	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	0.3	4	40.2	2	3	3.35	종합병원	10.5	74	2.2	1	2	2.42
7	종합병원	10.5	630	0.3	1	2	2.57	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	0.3	4	40.2	2	3	1.84
8	기타 절연선 및 케이블 제조업	0.5	6	25.6	2	3	1.95	선박 구성 부분품 제조업	2.3	5	20.1	2	4	1.08
9	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	1.5	20	20.0	2	4	1.70	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	1.5	6	23.3	2	4	1.04
10	접착제 및 젤라틴 제조업	2.5	72	15.6	2	4	1.58	일반병원	3.2	8	14.9	2	4	0.99
11	이동 전화기 제조업	0.5	10	20.1	2	3	1.40	일반용 도로 및 관련제품 제조업	2.5	9	17.5	2	4	0.96
12	플라스틱 필름 제조업	0.3	8	17.3	2	3	1.07	기타 절연선 및 케이블 제조업	0.5	3	25.9	2	3	0.91
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	1.3	15	12.0	2	4	0.85	접착제 및 젤라틴 제조업	2.5	27	16.6	2	4	0.89
14	일반용 도로 및 관련제품 제조업	2.5	41	6.2	1	4	0.64	이동 전화기 제조업	0.5	9	20.3	2	3	0.52
15	금속 열처리업	1.8	34	7.2	1	4	0.52	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	1.3	11	13.9	2	4	0.34

X_{0.95}: 95% tile, RR(노출등급(X_{0.95})): 0(<1), 1(1~10), 2(10~50), 3(50~100), 4(100초과), IR(주요등급): 4(X_{0.95} 및 측정사업장수 평균이상), 3(X_{0.95} 평균이상 및 측정사업장수 평균미만), 2(X_{0.95} 평균미만 및 측정사업장수 평균이상), 1(X_{0.95} 및 측정사업장수 평균미만), II(주요지수) : X_{0.95} 및 측정사업장수를 표준화 후 합산한 값

(2) 시각화 방안

지금까지 세세업종을 기준으로 여러 분석을 하였으므로, 여기에서도 업종 기준으로 표현하는 방식을 모색해 보고자 한다. 2차원으로 데이터를 표현한다면, 2개의 축에 어떤 정보를 배치할 것인가가 중요하다. 노출수준과 하나의 범주가 될 수 있을 것으로 생각되며, 여기에는 원 측정값, 노출지수 변환값, 평균값(산술, 기하 등), 중위수, 95% tile, 95% 상위 추정값 등이 있을 수 있다. 또 다른 범주는 측정 대상수가 될 수 있을 것으로 생각되며, 여기에는 측정 실시 사업장 수, 측정 실시 사업장의 근로자 수, 해당업종의 산재보험가입 사업장 수 또는 소속 근로자 수 등이 될 수 있을 것으로 생각된다.

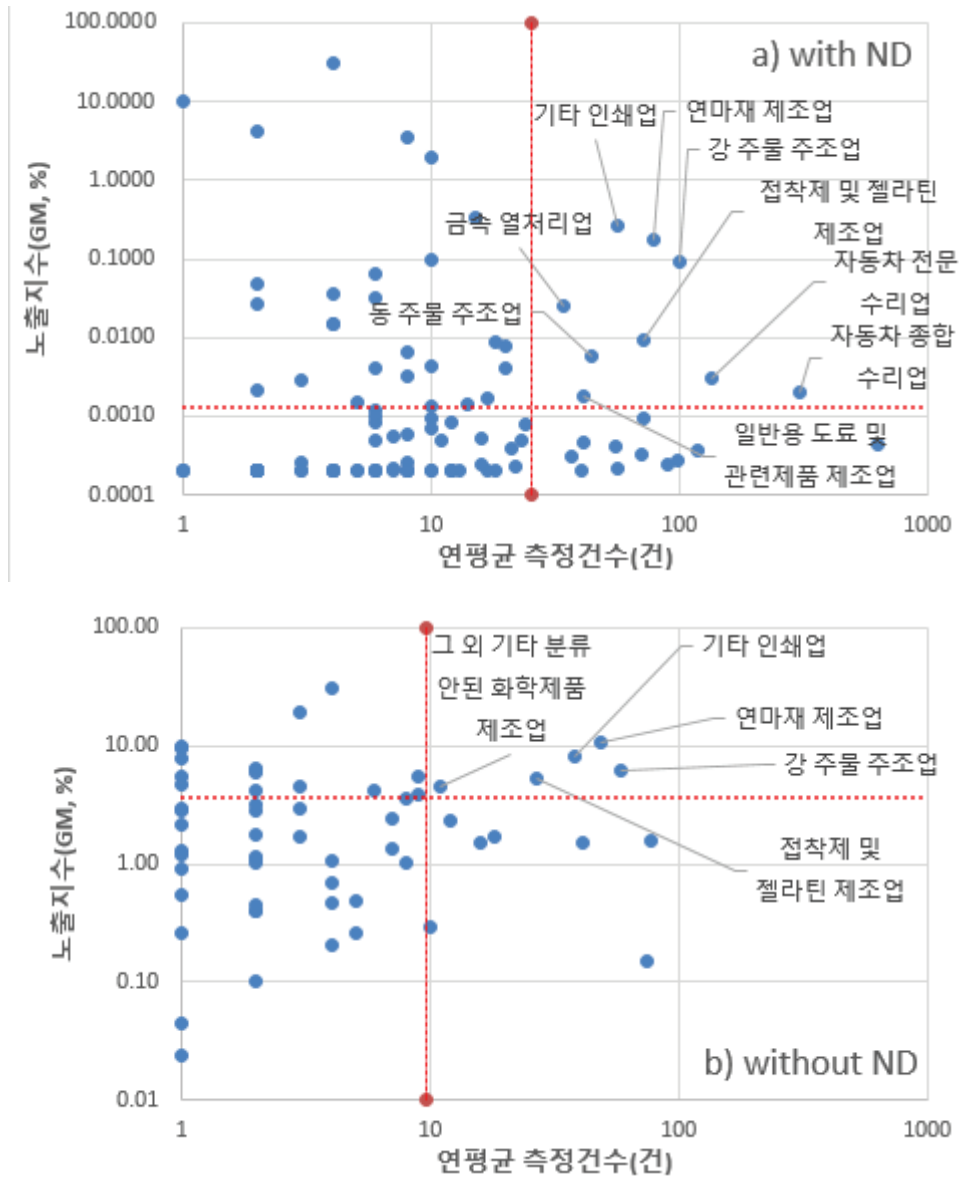
메탄올의 측정데이터를 사용하여 2차원 그래프를 작성하였다. x-축은 측정 대상수를 두고 y-축은 노출수준 중에서 배치하였다. 불검출을 대체하거나, 제거한 경우를 비교하였으며, 각 축의 평균값을 붉은 선으로 표기하여 4개의 면으로 구분하였다. 4개의 면은 연구방법에서 기술한 주요지수 4개 등급과 같은 개념으로 볼 수 있다. 즉, 노출수준이 높고 측정 대상수가 많은 오른쪽 위에 분포하는 업종을 주요 업종으로 기술하였다.

측정건수와 기하평균 노출지수로 분석했을 때, 공통적으로 보인 주요 업종은 ‘기타 인쇄업’, ‘연마재 제조업’, ‘강 주물 주조업’, ‘접착제 및 젤라틴 제조업’이 있었으며, 불검출값을 포함한 경우의 주요 업종에는 ‘동 주물 주조업’, ‘금속 열처리업’, ‘자동차 수리업’ 등이 추가되었다. 불검출값을 제외한 경우에는 ‘그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업’이 추가되었다.

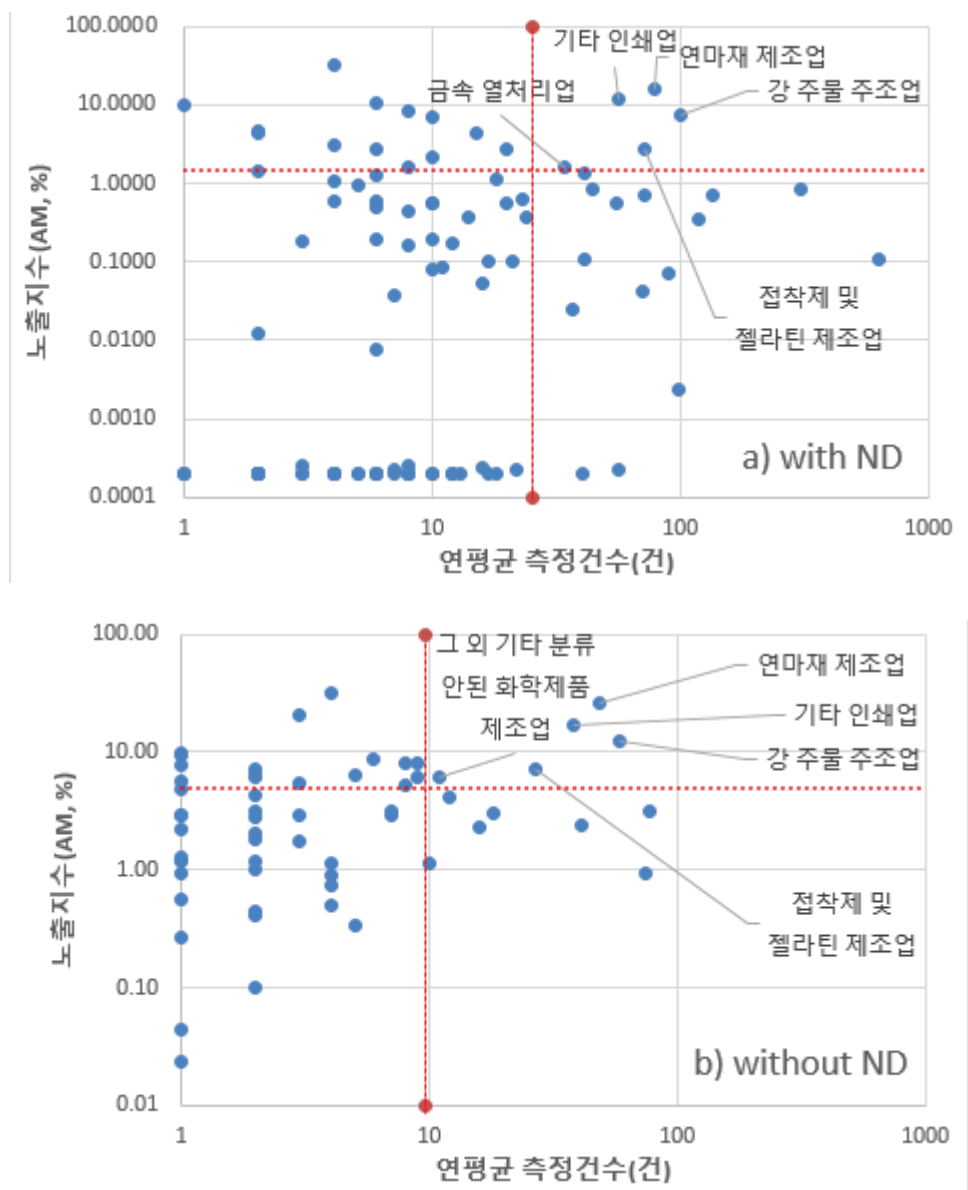
연평균 측정건수와 산술평균, 95% 상위 및 상위 95% 추정 노출지수로 분석하였다. 대부분의 경우 주요 업종으로 ‘기타 인쇄업’, ‘연마재 제조업’, ‘강 주물 주조업’, ‘접착제 및 젤라틴 제조업’이 나타났다. 노출지수의 종류에 따라서 주요 업종으로 분류되는 업종에서 일부 차이는 있었으나, 비슷한 양상을 보이며, 여러 노출지수에서 공통적으로 주요 업종으로 분류되는 업종을 확인할 수 있었다.

불검출값을 포함해서 분석한 경우와 제외하고 분석한 경우를 비교했을 경우에도 주요 업종은 반복적으로 나타나는 것으로 보인다. 연평균 측정건수가 하나의 기준이기 때문에, 측정건수가 평균보다 많은 업종에서는 모두 불검출이 나오기 보다는 일부 측정값을 가지는 경우가 많기 때문으로 생각된다.

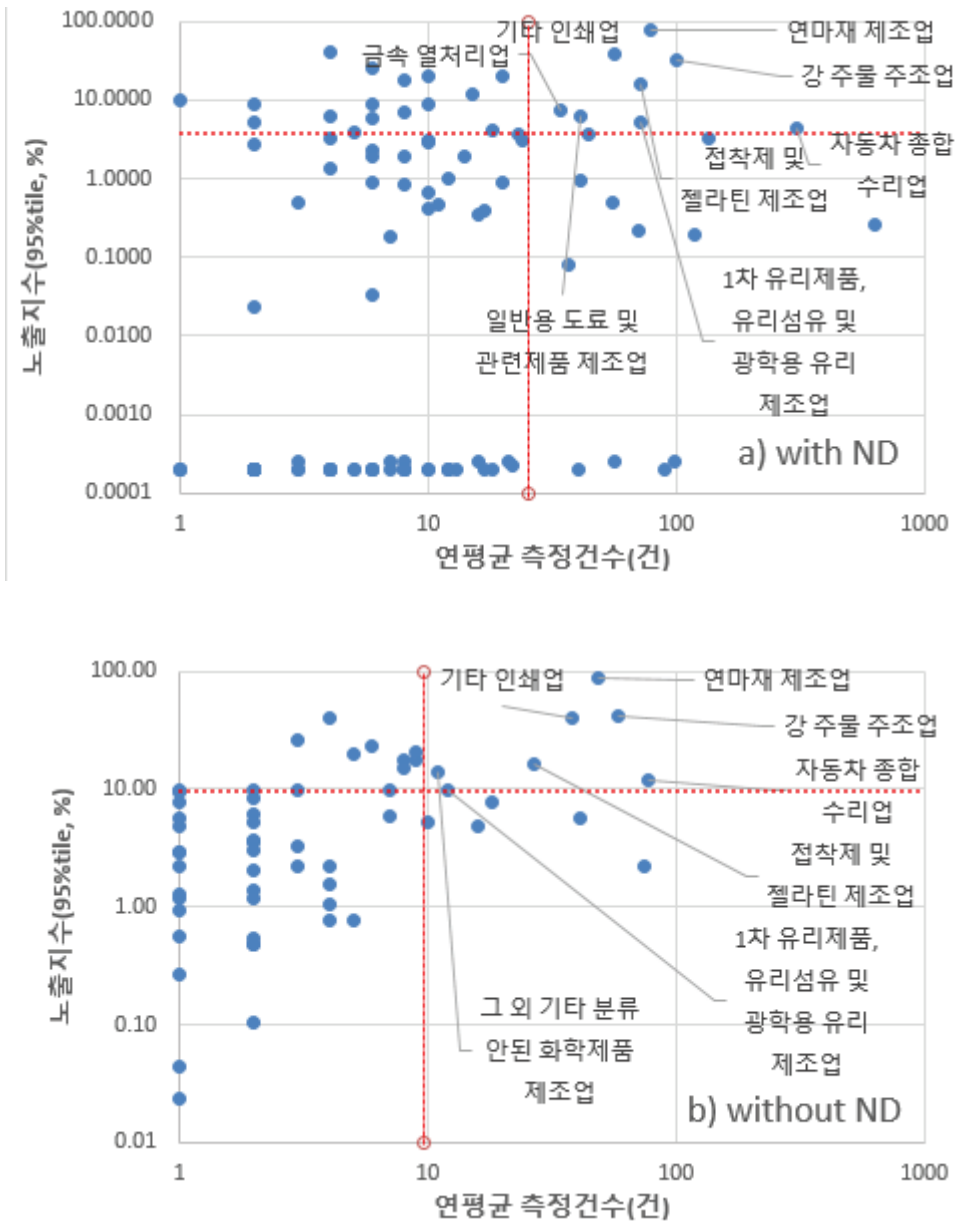
기하평균 및 상위 95% 노출지수를 사용하여 비교하는 경우, 주요 업종은 상당부분 일치하였다.



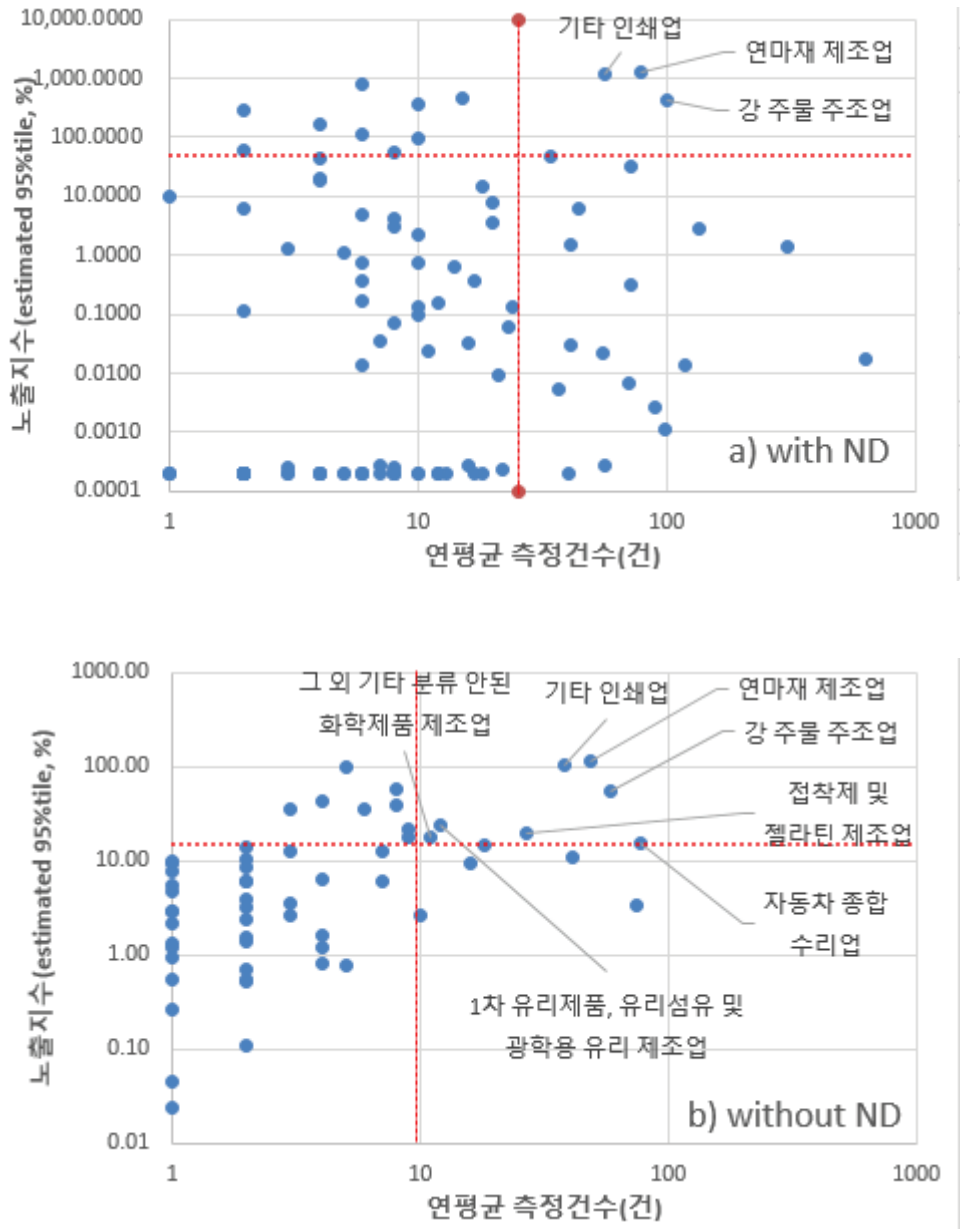
[그림 III-52] 메탄올의 측정건수와 기하평균 노출지수에 따른 주요 업종



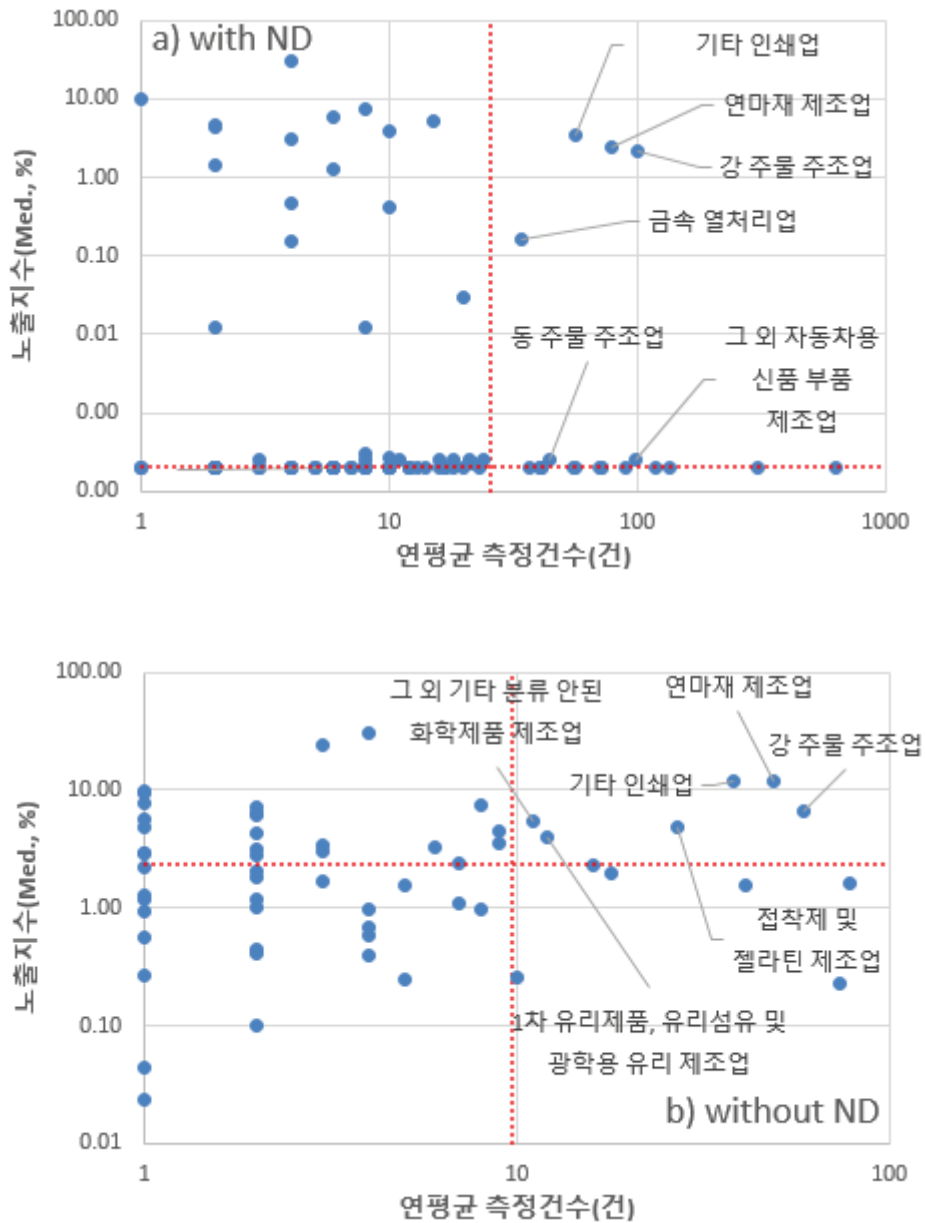
[그림 III-53] 메탄올의 측정건수와 산술평균 노출지수에 따른 주요 업종



[그림 III-54] 메탄올의 측정건수와 95% tile 노출지수에 따른 주요 업종

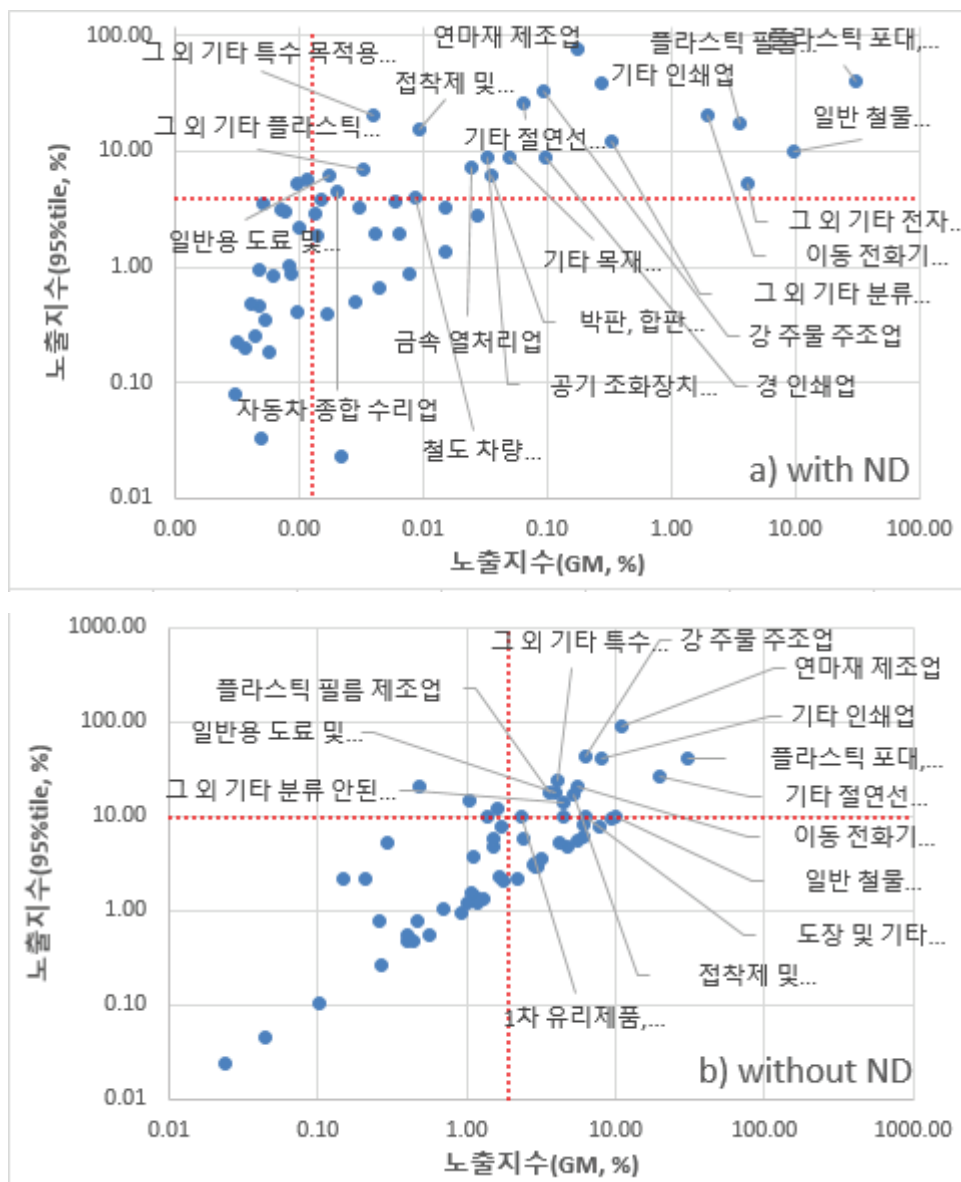


[그림 III-55] 메탄올의 측정건수와 추정 95% tile 노출지수에 따른 주요 업종

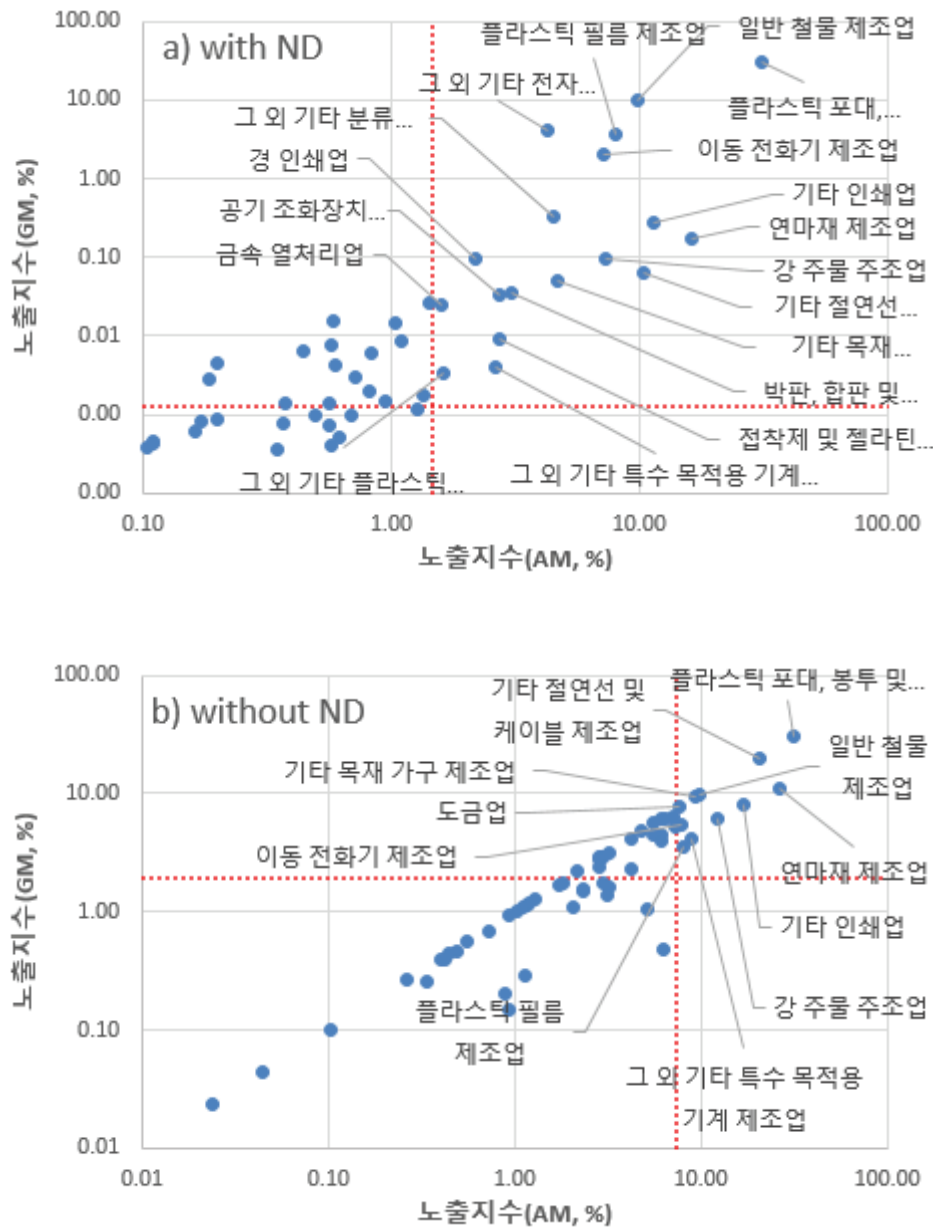


[그림 III-56] 메탄올의 측정건수 및 중위수 노출지수에 따른 주요 업종

노출수준만으로 주요 업종을 선정해 볼 수도 있다. 대부분의 경우에는 노출 수준 간에는 어느 정도 상관관계가 있으며, 불검출을 제외하는 경우 1개의 측정값만이 있는 업종은 모든 노출지수값이 동일하여 선형을 이루는데 기여한다.

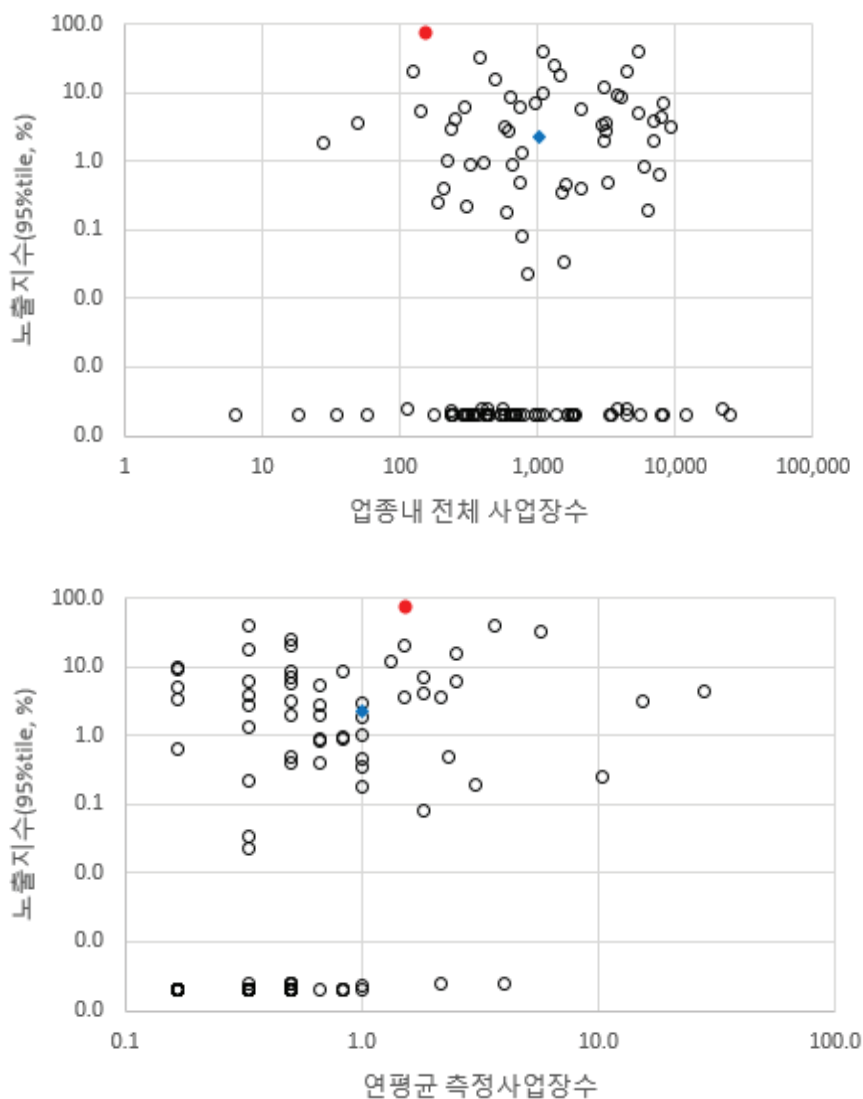


[그림 III-57] 메탄올의 기하평균 및 95% tile 노출지수에 따른 주요 업종



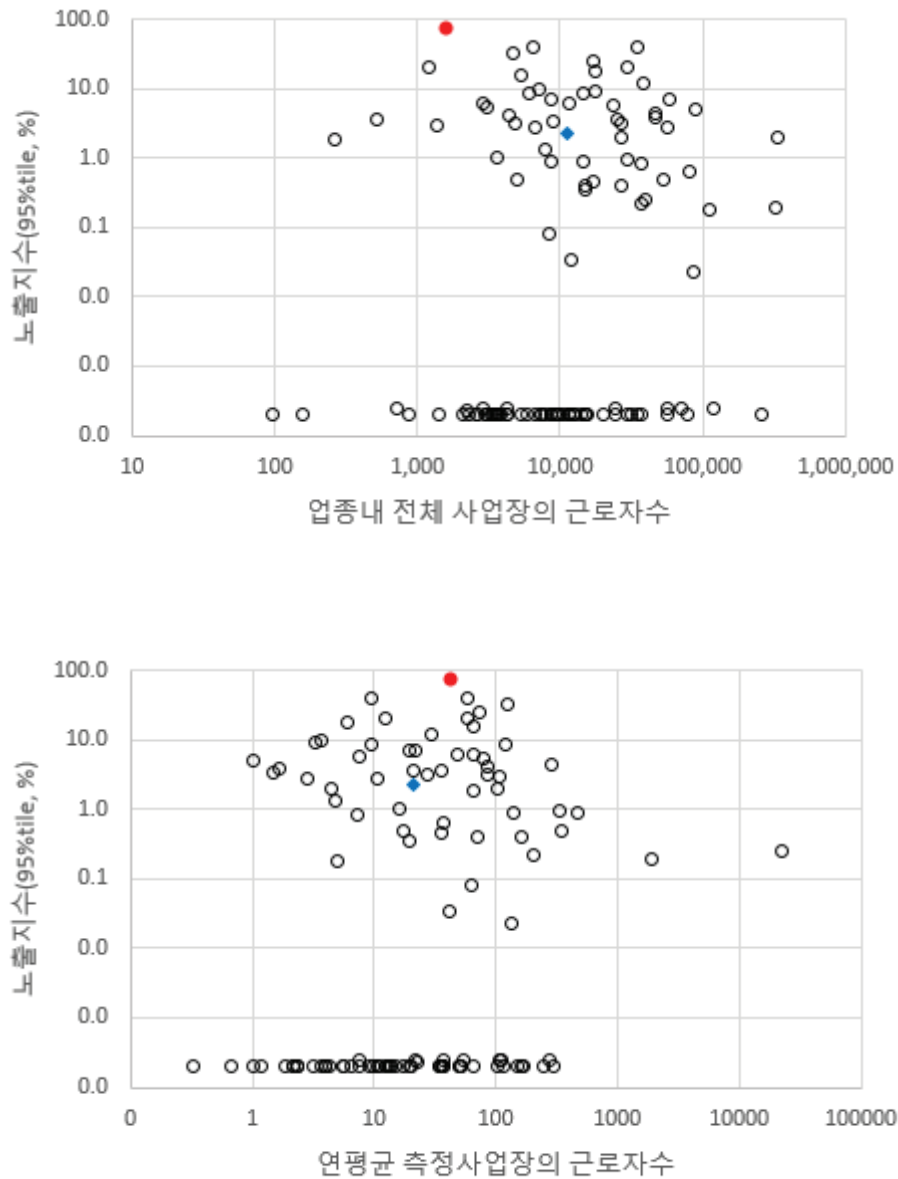
[그림 III-58] 메탄올의 산술평균 및 기하평균 노출지수에 따른 주요 업종

측정대상을 실제 측정사업장 수가 아닌, 해당 업종의 산재가입 사업장수 또는 소속 근로자 수로도 사용해 볼 수 있다. 아래 그래프는 x-축을 측정 사업장 수와 산재가입 사업장 수로 변경해서 비교한 것이다. 평균선으로 4등분하면, 주요업종에서 변화가 있을 것으로 판단된다.



[그림 III-59] 메탄올관련 사업장수와 95% tile 노출지수에 따른 비교

(●연마재 제조업, ◆기타 전기 변환장치 제조업)



[그림 III-60] 메탄올관련 근로자수와 95% tile 노출지수에 따른 비교
(●연마재 제조업, ◆기타 전기 변환장치 제조업)

3) 정보공개 시 고려사항

(1) 개별 사업장의 정보

기본적으로 개별 사업장을 식별할 수 있는 정보는 공개하지 않도록 한다. 공개가 필요한 경우에는 익명처리를 하여야 한다. 또한, 여러 정보를 조합하여 특정 사업장을 식별할 수 있는 경우가 있을 수 있으므로 이에 대해서도 유의하여야 할 것이다. 이를 방지하기 위하여 동일 항목으로 분류되는 사업장 등이 5개 또는 10개 미만인 경우 정보를 제공하지 않거나, 더 큰 분류 기준에서만 정보를 제공하는 방안이 있을 수 있다.

(2) 자료의 제공 범위

연도별로 정보가 필요한 경우가 아닌 경우에는 최근 3년 또는 5년간의 평균값을 사용하거나, 직전년도 값을 사용할 수도 있다. 대부분의 유해인자에서 불검출 값이 많으므로, 유효한 측정값을 가지는 자료를 사용하기 위해서는 1개년간의 자료 보다는 3년 또는 5년간의 자료를 기준으로 하는 것이 더 유용할 것으로 생각된다.

(3) 자료의 표현방법 (도표)

측정 건수는 단순 평균 건수를 사용할 수도 있으며, 구간화 하여 연간 10건 미만, 연간 10~50건 미만 등과 같이 표현하여 제시할 수도 있다. 자료의 기본 정렬은 측정 건수를 기준으로 내림차순 정렬하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 특정 항목에서는 노출수준을 기준으로 내림차순 정렬하는 방안이 좋을 수도 있다.

측정결과 농도수준은 산술평균, 기하평균, 평균의 95% 신뢰구간, 95% 상위 추정값 등 특정값을 하나 또는 다수 제공할 수도 있고, 노출기준대비 노출수준을 노출지수(측정값/노출기준)로 계산한 후, 구간화 하여 표현할 수도 있다. 예를 들어서, 노출지수 0.01 미만(Level 0), 0.01~0.1 미만(Level 1), 0.1~0.5 미만(Level 2), 0.5~1.0 미만(Level 3), 1.0 이상(Level 4)으로 구분

IV. 결 론

.....

IV. 결론

작업환경측정 대상 192종 중에서 안전검사대상물질 등 산업안전보건법에서 규정한 물질과 급성중독사례물질 등을 고려하여 54종의 연구대상 인자를 선정하였다. 선정된 인자를 대상으로 다양한 분석과 활용방안을 모색하고자 하였다.

먼저, 물질별 법적규제 대상여부를 확인하고 국내외 노출기준을 확인하여 정리하였다. 각 물질별 연도별 측정현황과 불검출값의 현황 및 노출지수 구간별 분포현황을 살펴보았다. 세세업종분류를 기준으로 측정건수가 많은 업종, 기하평균값이 높은 업종과 95% tile이 높은 업종 순으로 15개 업종을 표기하고, 다양한 통계값을 제시하였다. 95% tile을 기준으로 노출 등급을 산출하고, 측정사업장수와 노출수준을 반영하여 중요업종지수(중요지수)를 산출한 후, 중요지수가 높은 상위 15개 업종을 제시하였다.

각 물질별 노출 등급에 따른 업종 수 및 주요 등급에 따른 업종 수를 정리하였다. 유기화합물 20종에서 노출 4등급에 속하는 업종은 8개(0.1%)였고, 주요 4등급은 550개(8.1%)였다. 금속류 10종에서 노출 4등급에 속하는 업종은 5개(0.1%)였고, 주요 4등급은 424개(8.3%)였다. 2종의 산에서 노출 4등급은 없었고, 주요 4등급은 75개(6.7%)였다. 가스상태물질류 7종에서 노출 4등급은 없었고, 주요 4등급은 132개(7.8%)였다. 허가대상물질 12종에서 노출 4등급은 없었고, 주요 4등급은 32개(9.5%)였다. 3종의 분진에서는 노출 4등급은 4개(0.4%), 주요 4등급은 132개(12.9%)였다.

노출 등급과 주요 등급을 고려하여 산출한 초고위험업종은 디클로로메탄에서 1개 업종, 용접흡에서 1개 업종이 있었다. 고위험업종은 디클로로메탄(10개), 용접흡(8개), 일산화탄소(8개), 인듐(7개), 톨루엔(5개), 트리클로로메탄(5개)의 순으로 많았다.

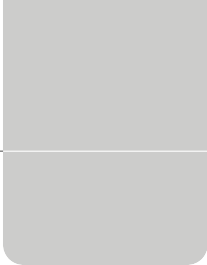
작업환경측정기관 등에서 측정자료활용에 대한 입장과 방안에 대해서 간단히 기술하였고, 자료공개시 고려사항을 제안하였다. 자료 활용에 있어서 불검출 자료의 영향을 보고자, 불검출값을 대체하여 사용하는 경우와 불검출값을 제거하는 경우를 비교해 보았다. 시각화 방안으로, 측정 대상수를 x축으로 두고, 노출수준을 y축으로 하는 2차원적 그래프를 종류별로 작성하여 비교하였다.

유해인자별 측정현황을 살펴보고, 세세업종별 등급 분류를 통하여 향후 산업보건정책수립 및 사업장의 노출평가에서 참고할 수 있도록 하였다. 또한, 유해인자별 노출수준에 따른 사업장의 관리와 감독기관의 모니터링에 활용될 수 있다. 향후 측정현황자료의 공개 및 시각화 등에 참고할 수 있으며, 직업적 노출수준에 대한 기초자료로서 이용 될 수 있을 것으로 생각된다.

유해인자별 세부적인 분석 및 타 물질과의 비교분석 등은 이루어지지 않았다. 또한 여러 가지 통계표와 그래프를 제시하였으나, 작업환경측정자료를 이용하고자 하는 목적에 따라서 다양한 접근이 더 필요할 수 도 있을 것으로 생각 된다. 불검출자료의 처리방법이나, 10개 미만의 측정건수가 적은 업종에서 한 두개의 높은 값에 의해서 평균 또는 95% tile 값이 크게 영향을 받는 등으로 인해서 통계적인 착시가 발생할 수 있는 부분에 대한 검토도 앞으로 필요할 것으로 생각된다. 향후 다양한 관점에서 후속연구 수행함으로써 정교하고 의미있는 정보를 추출하고 활용하는 방안을 모색하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 고용노동부 고시 제2020-44호. 작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시. 2020.
- 고용노동부 고시 제2020-48호. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준. 2020.
- 박승현 등. 유해인자 노출감시를 통한 산업보건 서비스 강화. 한국산업보건학회지, 2021:31(2):147-155
- 박주현 등 . 불검출 자료를 포함한 작업환경측정 자료의 분석방법 비교, 한국 산업보건학회지, 2022:32(1):21-30
- 박현희, 조지훈, 김세동, 박승현. 작업환경측정 DB를 통한 유해인자 노출감시 및 노출평가 활용방안. 2023. 산업안전보건연구원 연구보고서.
- 장재길 등. 빅데이터를 활용한 국내 작업환경측정 데이터베이스의 통계적 분석. 2015~2016. 산업안전보건연구원 연구보고서.
- ACGIH. TLVs and BEIs with 7th edition documentation. 2019
- AIHA. A Strategy for assessing and managing occupational exposures. 4th edition.
- ILO-WHO, 국제 화학물질안전카드. available from :
chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listCards3
- OSHA. Permissible exposure limits. Table Z-1~Z-3. available from:
osha.gov/annotated-pels/



Abstract

Analysis of working environment measurement data to utilize it for hazards surveillance and risk assessment(II)

Objectives

This study aims to explore ways to extract and utilize meaningful data from the accumulated work environment monitoring data.

Method

It investigates exposure levels and identifies high-risk industries for each substance. Non-detectable values were substituted by dividing the minimum reported value by two. Exposure indices were calculated by dividing the measurement values by the exposure standards, and these indices were used for subsequent statistical processing.

Results

Fifty-four hazardous factors were selected by reviewing inspection target substances, acute toxicity occurrence data, and occupational disease-related substances specified in the Serious Accidents Punishment Act.

Measurement trends, non-detectable value rates, and exposure index ranges for each substance were analyzed over time. Comparisons were made between substituting non-detectable values and excluding them, with results represented graphically. Industries were classified based on sub-categories with high measurement counts, geometric mean values, and 95% tile levels, listing the top 15 industries and providing various statistical data. Exposure levels were graded using the 95% tile as a benchmark, and the importance index for industries (reflecting the number of measurement sites and exposure levels) was calculated, presenting the top 15 industries with high importance indices.

The number of industries by exposure grade and importance grades for each substance were summarized. For 20 organic compounds, 6,765 sub-categories were measured (including duplicates), with 0.1% (8 industries) classified as exposure grade 4 and 8.1% (550 industries) as importance grade 4. For 10 metals, 5,084 sub-categories were measured (including duplicates), with 0.1% (5 industries) in exposure grade 4 and 8.3% (424 industries) in importance grade 4. Measurements for 2 acids covered 1,113 sub-categories (including duplicates), with no exposure grade 4 industries but 6.7% (75 industries) in importance grade 4. For 7 gaseous substances, measurements included 1,701 sub-categories (including duplicates), with no exposure grade 4 but 7.8% (132 industries) in importance grade 4. Among 12 permit required substances, 417 sub-categories were measured (including duplicates), with no exposure grade 4 industries but 9.5% (32 industries) in importance grade 4. Dust (3 types) covered 1,020 sub-categories (including duplicates), with 0.4% (4 industries) in exposure grade 4 and 12.9% (132 industries) in importance grade 4.

Ultra-high-risk industries included one industry for organic compounds (dichloromethane) and one for dust (welding fumes). High-risk industries were most common for dichloromethane (10 industries), welding fumes (8 industries), carbon monoxide (8 industries), indium (7 industries), toluene (5 industries), and trichloromethane (5 industries).

Concerns about data disclosure and potential solutions were discussed. Comparisons were made between substituting and excluding non-detectable data to assess its impact. Visualization methods included creating two-dimensional graphs comparing the number of measurement targets (x-axis) and exposure levels (y-axis) by substance type.

Conclusion

The study provides insights into measurement trends for hazardous factors and risk classification by industry sub-category to aid future industrial health policy development and workplace exposure assessments. The findings can be used for managing workplaces according to risk levels of hazardous factors and for monitoring by regulatory agencies. Additionally, the data offer foundational information for visualizing and disclosing measurement trends and occupational exposure levels. Further research, including detailed analyses of hazardous factors and comparative analyses with other substances, is necessary to extract more precise and meaningful information for practical use.

Key words

Work environment monitoring, High-risk industry, Exposure index

부록

1. 한국표준산업분류 세세업종 코드 및 명칭

〈표 VI-1〉 한국표준산업분류 세세업종 (01110~10402)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
01110	곡물 및 기타 식량작물 재배업	03211	해수면 양식 어업
01121	채소작물 재배업	03212	내수면 양식 어업
01122	화훼작물 재배업	03213	수산물 부화 및 수산 종자 생산업
01123	종자 및 묘목 생산업	03220	어업 관련 서비스업
01131	과실작물 재배업	05100	석탄 광업
01132	음료용 및 향신용 작물 재배업	05200	원유 및 천연가스 채굴업
01140	기타 작물 재배업	06100	철 광업
01151	콩나물 재배업	06200	비철금속 광업
01152	채소, 화훼 및 과실작물 시설 재배업	07110	석회석 및 점토 광업
01159	기타 시설작물 재배업	07121	건설용 석재 채굴 및 채석 생산업
01211	젖소 사육업	07122	모래 및 자갈 채취업
01212	육우 사육업	07210	화학용 및 비료 원료용 광물 광업
01220	양돈업	07220	천일염 생산 및 암염 채취업
01231	양계업	07290	그 외 기타 비금속광물 광업
01239	기타 가금류 및 조류 사육업	08000	광업 지원 서비스업
01291	말 및 양 사육업	10111	육류 도축업(가금류 제외)
01299	그 외 기타 축산업	10112	가금류 도축업
01300	작물재배 및 축산 복합농업	10121	가금류 가공 및 저장 처리업
01411	작물재배 지원 서비스업	10122	육류 포장육 및 냉동육 가공업(가금류 제외)
01412	농산물건조선별및기타수확후서비스업	10129	육류 기타 가공 및 저장 처리업(가금류 제외)
01420	축산 관련 서비스업	10211	수산동물 훈제, 조리 및 유사 조제식품 제조업
01500	수렵 및 관련 서비스업	10212	수산동물 건조 및 염장품 제조업
02011	임업용 종묘 생산업	10213	수산동물 냉동품 제조업
02012	육림업	10219	기타 수산동물 가공 및 저장 처리업
02020	벌목업	10220	수산식물 가공 및 저장 처리업
02030	임산물 채취업	10301	김치류 제조업
02040	임업 관련 서비스업	10302	과실 및 그 외 채소 절임식품 제조업
03111	원양 어업	10309	기타 과실·채소 가공 및 저장 처리업
03112	연근해 어업	10401	동물성 유지 제조업
03120	내수면 어업	10402	식물성 유지 제조업

〈표 VI-2〉 한국표준산업분류 세세업종 (10403~14191)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
10403	식용 정제유 및 가공유 제조업	11202	생수 생산업
10501	액상 시유 및 기타 낙농제품 제조업	11209	기타 비알코올 음료 제조업
10502	아이스크림 및 기타 식용 빙과류 제조업	12000	담배제품 제조업
10611	곡물 도정업	13101	면 방적업
10612	곡물 제분업	13102	모 방적업
10613	곡물 혼합 분말 및 반죽 제조업	13103	화학섬유 방적업
10619	기타 곡물 가공품 제조업	13104	연사 및 가공사 제조업
10620	전분제품 및 당류 제조업	13109	기타 방적업
10711	떡류 제조업	13211	면직물 직조업
10712	빵류 제조업	13212	모직물 직조업
10713	과자류 및 코코아 제품 제조업	13213	화학섬유직물 직조업
10720	설탕 제조업	13219	특수직물 및 기타 직물 직조업
10730	면류, 마카로니 및 유사 식품 제조업	13221	침구 및 관련제품 제조업
10741	식초, 발효 및 화학 조미료 제조업	13222	자수제품 및 자수용 재료 제조업
10742	천연 및 혼합 조제 조미료 제조업	13223	커튼 및 유사 제품 제조업
10743	장류 제조업	13224	천막, 텐트 및 유사 제품 제조업
10749	기타 식품 첨가물 제조업	13225	직물포대 제조업
10751	도시락류 제조업	13229	기타 직물제품 제조업
10759	기타 식사용 가공처리 조리식품 제조업	13300	편조 원단 제조업
10791	커피 가공업	13401	솜 및 실 염색 가공업
10792	차류 가공업	13402	직물, 편조 원단 및 의복류 염색 가공업
10793	수프 및 균질화식품 제조업	13403	날염 가공업
10794	두부 및 유사 식품 제조업	13409	섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업
10795	인삼식품 제조업	13910	카펫, 마루덮개 및 유사 제품 제조업
10796	건강 보조용 액화식품 제조업	13921	끈 및 로프 제조업
10797	건강 기능식품 제조업	13922	어망 및 기타 끈 가공품 제조업
10799	그 외 기타 식료품 제조업	13991	세폭직물 제조업
10801	배합 사료 제조업	13992	부직포 및 펠트 제조업
10802	단미사료 및 기타 사료 제조업	13993	특수사 및 코드직물 제조업
11111	탁주 및 약주 제조업	13994	표면처리 및 적층 직물 제조업
11112	맥아 및 맥주 제조업	13999	그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업
11119	기타 발효주 제조업	14111	남자용 겔옷 제조업
11121	주정 제조업	14112	여자용 겔옷 제조업
11122	소주 제조업	14120	속옷 및 잠옷 제조업
11129	기타 증류주 및 합성주 제조업	14130	한복 제조업
11201	얼음 제조업	14191	셔츠 및 블라우스 제조업

〈표 VI-3〉 한국표준산업분류 세세업종 (14192~20312)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
14192	근무복, 작업복 및 유사 의복 제조업	17129	기타 종이 및 판지 제조업
14193	가죽의복 제조업	17211	골판지 제조업
14194	유아용 의복 제조업	17212	골판지 상자 및 가공제품 제조업
14199	그 외 기타 봉제의복 제조업	17221	종이 포대 및 가방 제조업
14200	모피제품 제조업	17222	판지 상자 및 용기 제조업
14300	편지의복 제조업	17223	식품 위생용 종이 상자 및 용기 제조업
14411	스타킹 및 기타양말 제조업	17229	기타 종이 상자 및 용기 제조업
14419	기타 편조 의복 액세서리 제조업	17901	문구용 종이제품 제조업
14491	모자 제조업	17902	위생용 종이제품 제조업
14499	그 외 기타 의복 액세서리 제조업	17903	벽지 및 장판지 제조업
15110	모피 및 가죽 제조업	17909	그 외 기타 종이 및 판지 제품 제조업
15121	핸드백 및 지갑 제조업	18111	경 인쇄업
15129	가방 및 기타 보호용 케이스 제조업	18112	스크린 인쇄업
15190	기타 가죽제품 제조업	18113	오프셋 인쇄업
15211	구두류 제조업	18119	기타 인쇄업
15219	기타 신발 제조업	18121	제판 및 조판업
15220	신발 부분품 제조업	18122	제책업
16101	일반 제재업	18129	기타 인쇄관련 산업
16102	표면 가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	18200	기록매체 복제업
16103	목재 보존, 방부처리, 도장 및 유사 처리업	19101	코르크스 및 관련제품 제조업
16211	박판, 합판 및 유사 적층판 제조업	19102	연탄 및 기타 석탄 가공품 제조업
16212	강화 및 재생 목재 제조업	19210	원유 정제처리업
16221	목재 문 및 관련제품 제조업	19221	윤활유 및 그리스 제조업
16229	기타 건축용 나무제품 제조업	19229	기타 석유 정제물 재처리업
16231	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	20111	석유화학계 기초 화학 물질 제조업
16232	목재 포장용 상자, 드럼 및 유사 용기 제조업	20112	천연수지 및 나무 화학 물질 제조업
16291	목재 도구 및 주방용 나무제품 제조업	20119	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업
16292	장식용 목제품 제조업	20121	산업용 가스 제조업
16299	그 외 기타 나무제품 제조업	20129	기타 기초 무기화학 물질 제조업
16300	코르크 및 조물 제품 제조업	20131	무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업
17110	펄프 제조업	20132	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업
17121	신문용지 제조업	20201	합성고무 제조업
17122	인쇄용 및 필기용 원지 제조업	20202	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업
17123	크라프트지 및 상자용 판지 제조업	20203	혼성 및 재생 플라스틱 소재 물질 제조업
17124	적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업	20311	질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업
17125	위생용 원지 제조업	20312	복합비료 및 기타 화학비료 제조업

〈표 VI-4〉 한국표준산업분류 세세업종 (20313~23329)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
20313	유기질 비료 및 상토 제조업	22223	플라스틱 창호 제조업
20321	화학 살균·살충제 및 농업용 약제 제조업	22229	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업
20322	생물 살균·살충제 및 식물보호제 제조업	22231	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업
20411	일반용 도로 및 관련제품 제조업	22232	포장용 플라스틱 성형용기 제조업
20412	요업용 도포제 및 관련제품 제조업	22241	운송장비 조립용 플라스틱제품 제조업
20413	인쇄 잉크 및 회화용 물감 제조업	22249	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업
20421	계면활성제 제조업	22251	폴리스티렌 발포 성형제품 제조업
20422	치약, 비누 및 기타 세제 제조업	22259	기타 플라스틱 발포 성형제품 제조업
20423	화장품 제조업	22291	플라스틱 접촉처리 제품 제조업
20424	표면 광택제 및 실내 가향제 제조업	22292	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업
20491	감광 재료 및 관련 화학제품 제조업	22299	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업
20492	가공 및 정제업 제조업	23111	판유리 제조업
20493	접착제 및 젤라틴 제조업	23112	안전유리 제조업
20494	화학 및 불꽃제품 제조업	23119	기타 판유리 가공품 제조업
20495	바이오 연료 및 혼합물 제조업	23121	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리 제조업
20499	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	23122	디스플레이 장치용 유리 제조업
20501	합성섬유 제조업	23129	기타 산업용 유리제품 제조업
20502	재생 섬유 제조업	23191	가정용 유리제품 제조업
21101	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	23192	포장용 유리용기 제조업
21102	생물학적 제제 제조업	23199	그 외 기타 유리제품 제조업
21210	완제 의약품 제조업	23211	정형 내화 요업제품 제조업
21220	한의학약품 제조업	23212	부정형 내화 요업제품 제조업
21230	동물용 의약품 제조업	23221	가정용 및 장식용 도자기 제조업
21300	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	23222	위생용 및 산업용 도자기 제조업
22111	타이어 및 튜브 제조업	23229	기타 일반 도자기 제조업
22112	타이어 재생업	23231	점토 벽돌, 블록 및 유사 비내화 요업제품 제조업
22191	고무 패킹류 제조업	23232	타일 및 유사 비내화 요업제품 제조업
22192	산업용 그 외 비경화 고무제품 제조업	23239	기타 건축용 비내화 요업제품 제조업
22193	고무 의류 및 기타 위생용 비경화 고무제품 제조업	23311	시멘트 제조업
22199	그 외 기타 고무제품 제조업	23312	석회 및 플라스터 제조업
22211	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	23321	비내화 모르타르 제조업
22212	플라스틱 필름 제조업	23322	레미콘 제조업
22213	플라스틱 시트 및 판 제조업	23323	플라스터 혼합제품 제조업
22214	플라스틱 합성피혁 제조업	23324	콘크리트 타일, 기와, 벽돌 및 블록 제조업
22221	벽 및 바닥 피복용 플라스틱 제품 제조업	23325	콘크리트 관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업
22222	설치용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	23329	그 외 기타 콘크리트 제품 및 유사 제품 제조업

〈표 VI-5〉 한국표준산업분류 세세업종 (23911~26212)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
23911	건설용 석제품 제조업	25114	수상 금속 골조 구조재 제조업
23919	기타 석제품 제조업	25119	기타 구조용 금속제품 제조업
23991	아스팔트 콘크리트 및 혼합제품 제조업	25121	산업용 난방보일러 및 방열기 제조업
23992	연마재 제조업	25122	금속 탱크 및 저장 용기 제조업
23993	비금속광물 분쇄물 생산업	25123	압축 및 액화 가스 용기 제조업
23994	암면 및 유사 제품 제조업	25130	핵반응기 및 증기보일러 제조업
23995	탄소섬유 제조업	25200	무기 및 총포탄 제조업
23999	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	25911	분말 야금제품 제조업
24111	제철업	25912	금속 단조제품 제조업
24112	제강업	25913	자동차용 금속 압형제품 제조업
24113	합금철 제조업	25914	그 외 금속 압형제품 제조업
24119	기타 제철 및 제강업	25921	금속 열처리업
24121	열간 압연 및 압출제품 제조업	25922	도금업
24122	냉간 압연 및 압출 제품 제조업	25923	도장 및 기타 피막 처리업
24123	철강선 제조업	25924	절삭 가공 및 유사 처리업
24131	주철관 제조업	25929	그 외 기타 금속 가공업
24132	강관 제조업	25931	날붙이 제조업
24133	강관 가공품 및 관 연결구류 제조업	25932	일반 철물 제조업
24191	도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업	25933	비동력식 수공구 제조업
24199	그 외 기타 1차 철강 제조업	25934	톱 및 호환성 공구 제조업
24211	동 제련, 정련 및 합금 제조업	25941	볼트 및 너트류 제조업
24212	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	25942	그 외 금속 파스너 및 나사제품 제조업
24213	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	25943	금속 스프링 제조업
24219	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	25944	금속선 가공제품 제조업
24221	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	25991	금속 캔 및 기타 포장용기 제조업
24222	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조업	25992	수동식 식품 가공 기기 및 금속 주방용기 제조업
24229	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	25993	금속 위생용품 제조업
24290	기타 1차 비철금속 제조업	25994	금속 표시판 제조업
24311	선철 주물 주조업	25995	피복 및 충전 용접봉 제조업
24312	강 주물 주조업	25999	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업
24321	알루미늄 주물 주조업	26111	메모리용 전자집적회로 제조업
24322	동 주물 주조업	26112	비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업
24329	기타 비철금속 주조업	26121	발광 다이오드 제조업
25111	금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업	26129	기타 반도체 소자 제조업
25112	구조용 금속 판제품 및 공작물 제조업	26211	액정 표시장치 제조업
25113	육상 금속 골조 구조재 제조업	26212	유기 발광 표시장치 제조업

〈표 VI-6〉 한국표준산업분류 세세업종 (26219~29120)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
26219	기타 표시장치 제조업	27215	기기용 자동 측정 및 제어장치 제조업
26221	인쇄회로기판용 적층판 제조업	27216	산업 처리공정 제어장비 제조업
26222	경성 인쇄회로기판 제조업	27219	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀 기기 제조업
26223	연성 및 기타 인쇄회로기판 제조업	27301	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업
26224	전자 부품 실장기판 제조업	27302	사진기, 영상기 및 관련 장비 제조업
26291	전자 축전기 제조업	27309	기타 광학 기기 제조업
26292	전자 저항기 제조업	27400	시계 및 시계 부품 제조업
26293	전자카드 제조업	28111	전동기 및 발전기 제조업
26294	전자코일, 변성기 및 기타 전자 유도자 제조업	28112	변압기 제조업
26295	전자 감지장치 제조업	28113	방전 램프용 안정기 제조업
26299	그 외 기타 전자 부품 제조업	28114	에너지 저장장치 제조업
26310	컴퓨터 제조업	28119	기타 전기 변환장치 제조업
26321	기억 장치 제조업	28121	전기회로 개폐, 보호 장치 제조업
26322	컴퓨터 모니터 제조업	28122	전기회로 접속장치 제조업
26323	컴퓨터 프린터 제조업	28123	배전반 및 전기 자동제어반 제조업
26329	기타 주변 기기 제조업	28201	일차전지 제조업
26410	유선 통신장비 제조업	28202	축전지 제조업
26421	방송장비 제조업	28301	광섬유 케이블 제조업
26422	이동 전화기 제조업	28302	기타 절연선 및 케이블 제조업
26429	기타 무선 통신장비 제조업	28303	절연 코드세트 및 기타 도체 제조업
26511	텔레비전 제조업	28410	전구 및 램프 제조업
26519	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	28421	운송장비용 조명장치 제조업
26521	라디오, 녹음 및 재생 기기 제조업	28422	일반용 전기 조명장치 제조업
26529	기타 음향기기 제조업	28423	전시 및 광고용 조명장치 제조업
26600	마그네틱 및 광학 매체 제조업	28429	기타 조명장치 제조업
27111	방사선 장치 제조업	28511	주방용 전기 기기 제조업
27112	전기식 진단 및 요법 기기 제조업	28512	가정용 전기 난방기기 제조업
27191	치과용 기기 제조업	28519	기타 가정용 전기 기기 제조업
27192	정형 외과용 및 신체 보정용 기기 제조업	28520	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업
27193	안경 및 안경렌즈 제조업	28901	전기 경보 및 신호장치 제조업
27194	의료용 가구 제조업	28902	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업
27199	그 외 기타 의료용 기기 제조업	28903	교통 신호장치 제조업
27211	레이더, 항행용 무선 기기 및 측량 기구 제조업	28909	그 외 기타 전기장비 제조업
27212	전자기 측정, 시험 및 분석 기구 제조업	29111	내연기관 제조업
27213	물질 검사, 측정 및 분석 기구 제조업	29119	기타 기관 및 터빈 제조업
27214	속도계 및 적산계기 제조업	29120	유압 기기 제조업

〈표 VI-7〉 한국표준산업분류 세세업종 (29131~31999)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
29131	액체 펌프 제조업	29280	산업용 로봇 제조업
29132	기체 펌프 및 압축기 제조업	29291	펄프 및 종이 가공용 기계 제조업
29133	탭, 밸브 및 유사 장치 제조업	29292	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업
29141	구름베어링 제조업	29293	인쇄 및 제책용 기계 제조업
29142	기어 및 동력전달장치 제조업	29294	주형 및 금형 제조업
29150	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업	29299	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업
29161	산업용 트럭 및 적재기 제조업	30110	자동차용 엔진 제조업
29162	승강기 제조업	30121	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업
29163	컨베이어 장치 제조업	30122	화물 자동차 및 특수 목적용 자동차 제조업
29169	기타 물품 취급장비 제조업	30201	차체 및 특장차 제조업
29171	산업용 냉장 및 냉동장비 제조업	30202	자동차 구조 및 장치 변경업
29172	공기 조화장치 제조업	30203	트레일러 및 세미 트레일러 제조업
29173	산업용 송풍기 및 배기장치 제조업	30310	자동차 엔진용 부품 제조업
29174	기체 여과기 제조업	30320	자동차 차체용 부품 제조업
29175	액체 여과기 제조업	30331	자동차용 부품 동력 전달장치 제조업
29176	증류기, 열 교환기 및 가스 발생기 제조업	30332	자동차용 부품 전기장치 제조업
29180	사무용 기계 및 장비 제조업	30391	자동차용 부품 조향장치 및 현가장치 제조업
29191	일반 저울 제조업	30392	자동차용 부품 제동장치 제조업
29192	용기 세척, 포장 및 충전기 제조업	30393	자동차용 부품 의자 제조업
29193	분사기 및 소화기 제조업	30399	그 외 자동차용 부품 부품 제조업
29194	동력식 수직 공구 제조업	30400	자동차 재제조 부품 제조업
29199	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	31111	강선 건조업
29210	농업 및 임업용 기계 제조업	31112	합성수지선 건조업
29221	전자 응용 절삭기계 제조업	31113	기타 선박 건조업
29222	디지털 적층 성형기계 제조업	31114	선박 구성 부분품 제조업
29223	금속 절삭기계 제조업	31120	오락 및 스포츠용 보트 건조업
29224	금속 성형기계 제조업	31201	기관차 및 기타 철도 차량 제조업
29229	기타 가공 공작기계 제조업	31202	철도 차량 부품 및 관련 장치를 제조업
29230	금속 주조 및 기타 야금용 기계 제조업	31311	유인 항공기, 항공 우주선 및 보조장치 제조업
29241	건설 및 채광용 기계장비 제조업	31312	무인 항공기 및 무인 비행장치 제조업
29242	광물 처리 및 취급장비 제조업	31321	항공기용 엔진 제조업
29250	음·식료품 및 담배 가공기계 제조업	31322	항공기용 부품 제조업
29261	산업용 섬유 세척, 염색, 정리 및 가공 기계 제조업	31910	전투용 차량 제조업
29269	기타 섬유, 의복 및 가죽 가공기계 제조업	31920	모터사이클 제조업
29271	반도체 제조용 기계 제조업	31991	자전거 및 환자용 차량 제조업
29272	디스플레이 제조용 기계 제조업	31999	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업

〈표 VI-8〉 한국표준산업분류 세세업종 (32011~41229)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
32011	매트리스 및 침대 제조업	35130	전기 판매업
32019	소파 및 기타 내장 가구 제조업	35200	연료용 가스 제조 및 배관공급업
32021	주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업	35300	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업
32029	기타 목재 가구 제조업	36010	생활용수 공급업
32091	금속 가구 제조업	36020	산업용수 공급업
32099	그 외 기타 가구 제조업	37011	하수 처리업
33110	귀금속 및 관련제품 제조업	37012	폐수 처리업
33120	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업	37021	사람 분뇨 처리업
33201	건반 악기 제조업	37022	축산 분뇨 처리업
33202	전자 악기 제조업	38110	지정 외 폐기물 수집, 운반업
33209	기타 악기 제조업	38120	지정 폐기물 수집, 운반업
33301	체조, 육상 및 체력 단련용 장비 제조업	38130	건설 폐기물 수집, 운반업
33302	놀이터용 장비 제조업	38210	지정 외 폐기물 처리업
33303	낚시 및 수렵용구 제조업	38220	지정 폐기물 처리업
33309	기타 운동 및 경기용구 제조업	38230	건설 폐기물 처리업
33401	인형 및 장난감 제조업	38240	방사성 폐기물 수집, 운반 및 처리업
33402	영상게임기 제조업	38311	금속류 해체 및 선별업
33409	기타 오락용품 제조업	38312	금속류 원료 재생업
33910	간판 및 광고물 제조업	38321	비금속류 해체 및 선별업
33920	사무 및 화화용품 제조업	38322	비금속류 원료 재생업
33931	가발 및 유사 제품 제조업	39001	토양 및 지하수 정화업
33932	전시용 모형 제조업	39009	기타 환경 정화 및 복원업
33933	표구 처리업	41111	단독 주택 건설업
33991	단추 및 유사 파스너 제조업	41112	아파트 건설업
33992	라이터, 연소물 및 흡연용품 제조업	41119	기타 공동 주택 건설업
33993	비 및 솔 제조업	41121	사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업
33999	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	41122	제조업 및 유사 산업용 건물 건설업
34011	건설·광업용 기계 및 장비 수리업	41129	기타 비주거용 건물 건설업
34019	기타 일반 기계 및 장비 수리업	41210	지반조성 건설업
34020	전기·전자 및 정밀 기기 수리업	41221	도로 건설업
35111	원자력 발전업	41222	교량, 터널 및 철도 건설업
35112	수력 발전업	41223	항만, 수로, 댐 및 유사 구조물 건설업
35113	화력 발전업	41224	환경설비 건설업
35114	태양력 발전업	41225	산업 생산시설 종합 건설업
35119	기타 발전업	41226	조경 건설업
35120	송전 및 배전업	41229	기타 토목 시설물 건설업

〈표 VI-9〉 한국표준산업분류 세세업종 (41999~46411)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
41999	건설업본사	45213	자동차 내장용 신품 전기·전자·정밀기기 판매업
42110	건물 및 구축물 해체 공사업	45219	기타 자동차 신품 부품 및 내장품 판매업
42121	토공사업	45220	자동차 중고 부품 및 내장품 판매업
42122	보링, 그라우팅 및 관정 공사업	45301	모터사이클 및 부품 도매업
42123	파일공사 및 축조관련 기초 공사업	45302	모터사이클 및 부품 소매업
42129	기타 기반조성 관련 전문공사업	46101	산업용 농·축산물, 섬유 원료 및 동물 중개업
42131	철골 및 관련 구조물 공사업	46102	음·식료품 및 담배 중개업
42132	콘크리트 및 철근 공사업	46103	섬유, 의복, 신발 및 가족제품 중개업
42133	조적 및 석공사업	46104	목재 및 건축자재 중개업
42134	포장 공사업	46105	연료, 광물, 1차 금속, 비료 및 화학제품 중개업
42135	철도 궤도 전문공사업	46106	기계 및 장비 중개업
42136	수중 공사업	46107	그 외 기타 특정 상품 중개업
42137	비계 및 형틀 공사업	46109	상품 종합 중개업
42138	지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	46201	곡물 및 유지작물 도매업
42139	기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	46202	종자 및 묘목 도매업
42201	배관 및 냉·난방 공사업	46203	사료 도매업
42202	건물용 기계·장비 설치 공사업	46204	화훼류 및 식물 도매업
42203	방음, 방진 및 내화 공사업	46205	육지 동물 및 애완 동물 도매업
42204	소방시설 공사업	46209	기타 산업용 농산물 도매업
42209	기타 건물 관련설비 설치 공사업	46311	과실류 도매업
42311	일반 전기 공사업	46312	채소류, 서류 및 향신작물류 도매업
42312	내부 전기배선 공사업	46313	육류 도매업
42321	일반 통신 공사업	46314	건어물 및 젓갈류 도매업
42322	내부 통신배선 공사업	46315	신선, 냉동 및 기타 수산물 도매업
42411	도장 공사업	46319	기타 신선 식품 및 단순 가공 식품 도매업
42412	도배, 실내 장식 및 내장 목공사업	46321	육류 가공식품 도매업
42420	유리 및 창호 공사업	46322	수산물 가공식품 도매업
42491	미장, 타일 및 방수 공사업	46323	빵류, 과자류, 당류, 초콜릿 도매업
42492	건물용 금속 공작물 설치 공사업	46324	낙농품 및 동·식물성 유지 도매업
42499	그 외 기타 건축 마무리 공사업	46325	커피 및 차류 도매업
42500	시설물 유지관리 공사업	46326	조미료 도매업
42600	건설장비 운영업	46329	기타 가공식품 도매업
45110	자동차 신품 판매업	46331	주류 도매업
45120	중고 자동차 판매업	46332	비알코올 음료 도매업
45211	자동차 신품 타이어 및 튜브 판매업	46333	담배 도매업
45212	자동차용 전용 신품 부품 판매업	46411	생활용 섬유 및 실 도매업

〈표 VI-10〉 한국표준산업분류 세세업종 (46412~47130)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
46412	커튼 및 침구용품 도매업	46592	의료 기기 도매업
46413	남녀용 겹옷 및 셔츠 도매업	46593	정밀 기기 및 과학 기기 도매업
46414	유아용 의류 도매업	46594	수송용 운송장비 도매업
46415	속옷 및 잠옷 도매업	46595	전기용 기계·장비 및 관련 기자재 도매업
46416	가죽 및 모피 제품 도매업	46596	전자 및 케이블 도매업
46417	의복 액세서리 및 모조 장신구 도매업	46599	그 외 기타 기계 및 장비 도매업
46419	기타 생활용 섬유 및 직물 제품 도매업	46611	원목 및 건축관련 목제품 도매업
46420	신발 도매업	46612	골재, 벽돌 및 시멘트 도매업
46431	생활용 가구 도매업	46613	유리 및 창호 도매업
46432	전구, 램프 및 조명장치 도매업	46621	배관 및 냉·난방장치 도매업
46433	생활용 유리·요업·목재·금속 제품 및 날붙이 도매업	46622	철물, 금속 파스너 및 수공구 도매업
46439	기타 비전기식 생활용 기기 및 기구 도매업	46691	도로 도매업
46441	의약품 도매업	46692	벽지 및 장판류 도매업
46442	의료용품 도매업	46699	그 외 기타 건축자재 도매업
46443	화장품 및 화장용품 도매업	46711	고체 연료 및 관련제품 도매업
46444	비누 및 세정제 도매업	46712	액체 연료 및 관련제품 도매업
46451	생활용 포장 및 위생용품, 봉투 및 유사 제품 도매업	46713	기체 연료 및 관련제품 도매업
46452	문구용품, 회화용품, 사무용품 도매업	46721	1차 금속제품 도매업
46453	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 도매업	46722	금속광물 도매업
46461	음반 및 비디오물 도매업	46731	염료, 안료 및 관련제품 도매업
46462	약기 도매업	46732	비료 및 농약 도매업
46463	장난감 및 취미, 오락용품 도매업	46733	플라스틱 물질 및 합성고무 도매업
46464	운동 및 경기용품 도매업	46739	기타 화학 물질 및 화학제품 도매업
46465	자전거 및 기타 운송장비 도매업	46741	방직용 섬유 및 실 도매업
46491	가방 및 보호용 케이스 도매업	46742	직물 도매업
46492	시계 및 귀금속 제품 도매업	46750	종이 원지, 판지, 종이상자 도매업
46493	안경, 사진장비 및 광학용품 도매업	46791	재생용 재료 수집 및 판매업
46499	그 외 기타 생활용품 도매업	46799	그 외 기타 상품 전문 도매업
46510	컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업	46800	상품 종합 도매업
46521	가전제품 및 부품 도매업	47111	백화점
46522	통신·방송장비 및 부품 도매업	47112	대형 마트
46531	농림업용 기계 및 장비 도매업	47119	기타 대형 종합 소매업
46532	건설·광업용 기계 및 장비 도매업	47121	슈퍼마켓
46533	공작용 기계 및 장비 도매업	47122	체인화 편의점
46539	기타 산업용 기계 및 장비 도매업	47129	기타 음·식료품 위주 종합 소매업
46591	사무용 가구 및 기기 도매업	47130	면세점

〈표 VI-11〉 한국표준산업분류 세세업종 (47190~47999)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
47190	그 외 기타 종합 소매업	47599	그 외 기타 분류 안된 가정용품 소매업
47211	곡물, 곡분 및 가축 사료 소매업	47611	서적, 신문 및 잡지류 소매업
47212	육류 소매업	47612	문구용품 및 회화용품 소매업
47213	건어물 및 젓갈류 소매업	47620	음반 및 비디오물 소매업
47214	신선, 냉동 및 기타 수산물 소매업	47631	운동 및 경기용품 소매업
47215	채소, 과일 및 뿌리작물 소매업	47632	자전거 및 기타 운송장비 소매업
47216	빵류, 과자류 및 당류 소매업	47640	게임용구, 인형 및 장난감 소매업
47217	건강 보조식품 소매업	47711	운송장비용 주유소 운영업
47218	조리 반찬류 소매업	47712	운송장비용 가스 충전업
47219	기타 식료품 소매업	47721	가정용 고체 연료 소매업
47221	음료 소매업	47722	가정용 액체 연료 소매업
47222	담배 소매업	47723	가정용 가스 연료 소매업
47311	컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 소매업	47811	의약품 및 의료용품 소매업
47312	통신기기 소매업	47812	의료용 기구 소매업
47320	가전제품 소매업	47813	화장품, 비누 및 방향제 소매업
47411	남자용 겔옷 소매업	47821	사무용 기기 소매업
47412	여자용 겔옷 소매업	47822	안경 및 렌즈 소매업
47413	속옷 및 잠옷 소매업	47823	사진기 및 사진용품 소매업
47414	셔츠 및 블라우스 소매업	47829	기타 광학 및 정밀 기기 소매업
47415	한복 소매업	47830	시계 및 귀금속 소매업
47416	가죽 및 모피 의복 소매업	47841	예술품 및 골동품 소매업
47417	유아용 의류 소매업	47842	기념품, 관광 민예품 및 장식품 소매업
47419	기타 의복 소매업	47851	화초 및 식물 소매업
47421	가정용 식물제품 소매업	47852	애완용 동물 및 관련용품 소매업
47422	의복 액세서리 및 모조 장신구 소매업	47859	그 외 기타 분류 안된 상품 전문 소매업
47429	섬유 원단, 실 및 기타 섬유제품 소매업	47861	중고 가구 소매업
47430	신발 소매업	47862	중고 가전제품 및 통신장비 소매업
47440	가방 및 기타 가죽제품 소매업	47869	기타 중고 상품 소매업
47511	철물 및 난방용구 소매업	47911	전자상거래 소매 중개업
47512	공구 소매업	47912	전자상거래 소매업
47513	벽지, 마루덮개 및 장판류 소매업	47919	기타 통신 판매업
47519	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	47920	노점 및 유사 이동 소매업
47520	가구 소매업	47991	자동차 판매기 운영업
47591	전기용품 및 조명장치 소매업	47992	계약배달 판매업
47592	주방용품 및 가정용 유리, 요업제품 소매업	47993	방문 판매업
47593	악기 소매업	47999	그 외 기타 무점포 소매업

〈표 VI-12〉 한국표준산업분류 세세업종 (49101~56211)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
49101	철도 여객 운송업	52915	주차장 운영업
49102	철도 화물 운송업	52919	기타 육상 운송지원 서비스업
49211	도시철도 운송업	52921	항구 및 기타 해상 터미널 운영업
49212	시내버스 운송업	52929	기타 수상 운송 지원 서비스업
49219	기타 도시 정기 육상 여객 운송업	52931	공항 운영업
49220	시외버스 운송업	52939	기타 항공 운송지원 서비스업
49231	택시 운송업	52941	항공 및 육상 화물 취급업
49232	전세버스 운송업	52942	수상 화물 취급업
49233	특수 여객 자동차 운송업	52991	통관 대리 및 관련서비스업
49239	기타 부정기 여객 육상 운송업	52992	화물 운송 중개, 대리 및 관련 서비스업
49301	일반 화물 자동차 운송업	52993	화물 포장, 검수 및 계량 서비스업
49302	용달 화물 자동차 운송업	52999	그 외 기타 분류 안된 운송관련 서비스업
49303	개별 화물 자동차 운송업	55101	호텔업
49309	기타 도로 화물 운송업	55102	여관업
49401	택배업	55103	휴양 콘도 운영업
49402	늘찬 배달업	55104	민박업
49500	파이프라인 운송업	55109	기타 일반 및 생활 숙박시설 운영업
50111	외항 여객 운송업	55901	기숙사 및 고시원 운영업
50112	외항 화물 운송업	55909	그 외 기타 숙박업
50121	내항 여객 운송업	56111	한식 일반 음식점업
50122	내항 화물 운송업	56112	한식 면 요리 전문점
50130	기타 해상 운송업	56113	한식 육류 요리 전문점
50201	내륙 수상 여객 및 화물 운송업	56114	한식 해산물 요리 전문점
50202	항만 내 여객 운송업	56121	중식 음식점업
50209	기타 내륙 수상 운송업	56122	일식 음식점업
51100	항공 여객 운송업	56123	서양식 음식점업
51200	항공 화물 운송업	56129	기타 외국식 음식점업
52101	일반 창고업	56130	기관 구내식당업
52102	냉장 및 냉동 창고업	56141	출장 음식 서비스업
52103	농산물 창고업	56142	이동 음식점업
52104	위험 물품 보관업	56191	제과점업
52109	기타 보관 및 창고업	56192	피자, 햄버거, 샌드위치 및 유사 음식점업
52911	철도 운송 지원 서비스업	56193	치킨 전문점
52912	여객 자동차 터미널 운영업	56194	김밥 및 기타 간이 음식점업
52913	물류 터미널 운영업	56199	간이 음식 포장 판매 전문점
52914	도로 및 관련시설 운영업	56211	일반 유흥 주점업

〈표 VI-13〉 한국표준산업분류 세세업종 (56212~66121)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
56212	무도 유흥 주점업	61299	그 외 기타 전기 통신업
56213	생맥주 전문점	62010	컴퓨터 프로그래밍 서비스업
56219	기타 주점업	62021	컴퓨터 시스템 통합 자문 및 구축 서비스업
56221	커피 전문점	62022	컴퓨터시설 관리업
56229	기타 비알코올 음료점업	62090	기타 정보 기술 및 컴퓨터 운영 관련 서비스업
58111	교과서 및 학습 서적 출판업	63111	자료 처리업
58112	만화 출판업	63112	호스팅 및 관련 서비스업
58113	일반 서적 출판업	63120	포털 및 기타 인터넷 정보 매개 서비스업
58121	신문 발행업	63910	뉴스 제공업
58122	잡지 및 정기 간행물 발행업	63991	데이터베이스 및 온라인 정보 제공업
58123	정기 광고 간행물 발행업	63999	그 외 기타 정보 서비스업
58190	기타 인쇄물 출판업	64110	중앙은행
58211	유선 온라인 게임 소프트웨어 개발 및 공급업	64121	국내은행
58212	모바일 게임 소프트웨어 개발 및 공급업	64122	외국은행
58219	기타 게임 소프트웨어 개발 및 공급업	64131	신용조합
58221	시스템 소프트웨어 개발 및 공급업	64132	상호 저축은행 및 기타 저축기관
58222	응용 소프트웨어 개발 및 공급업	64201	신탁업 및 집합 투자업
59111	일반 영화 및 비디오물 제작업	64209	기타 금융 투자업
59112	애니메이션 영화 및 비디오물 제작업	64911	금융 리스업
59113	광고 영화 및 비디오물 제작업	64912	개발 금융기관
59114	방송 프로그램 제작업	64913	신용카드 및 할부 금융업
59120	영화, 비디오물 및 방송 프로그램 제작 관련 서비스업	64919	그 외 기타 여신 금융업
59130	영화, 비디오물 및 방송 프로그램 배급업	64991	기금 운영업
59141	영화관 운영업	64992	지주회사
59142	비디오물 감상실 운영업	64999	그 외 기타 분류 안된 금융업
59201	음악 및 기타 오디오물 출판업	65110	생명보험업
59202	녹음시설 운영업	65121	손해보험업
60100	라디오 방송업	65122	보증보험업
60210	지상파 방송업	65131	건강보험업
60221	프로그램 공급업	65139	산업 재해 및 기타 사회보장보험업
60222	유선 방송업	65200	재보험업
60229	위성 및 기타 방송업	65301	개인 공제업
61100	공영 우편업	65302	사업 공제업
61210	유선 통신업	65303	연금업
61220	무선 및 위성 통신업	66110	금융시장 관리업
61291	통신 재판매업	66121	증권 중개업

〈표 VI-14〉 한국표준산업분류 세세업종 (66122~74212)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
66122	선물 중개업	71392	광고 매체 판매업
66191	증권 발행, 관리, 보관 및 거래 지원 서비스업	71393	광고물 문안, 도안, 설계 등 작성업
66192	투자 자문업 및 투자 일임업	71399	그 외 기타 광고 관련 서비스업
66199	그 외 기타 금융 지원 서비스업	71400	시장 조사 및 여론 조사업
66201	손해 사정업	71511	제조업 회사 본부
66202	보험 대리 및 중개업	71519	기타 산업 회사본부
66209	기타 보험 및 연금관련 서비스업	71531	경영 컨설팅업
68111	주거용 건물 임대업	71532	공공관계 서비스업
68112	비주거용 건물 임대업	71600	기타 전문 서비스업
68119	기타 부동산 임대업	72111	건축 설계 및 관련 서비스업
68121	주거용 건물 개발 및 공급업	72112	도시 계획 및 조경 설계 서비스업
68122	비주거용 건물 개발 및 공급업	72121	건물 및 토목 엔지니어링 서비스업
68129	기타 부동산 개발 및 공급업	72122	환경 관련 엔지니어링 서비스업
68211	주거용 부동산 관리업	72129	기타 엔지니어링 서비스업
68212	비주거용 부동산 관리업	72911	물질 성분 검사 및 분석업
68221	부동산 중개 및 대리업	72919	기타 기술 시험, 검사 및 분석업
68222	부동산 투자 자문업	72921	측량업
68223	부동산 감정 평가업	72922	제도업
70111	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	72923	지질 조사 및 탐사업
70112	농림수산업 및 수의학 연구개발업	72924	지도 제작업
70113	의학 및 약학 연구개발업	73100	수업업
70119	기타 자연과학 연구개발업	73201	인테리어 디자인업
70121	전기·전자공학 연구개발업	73202	제품 디자인업
70129	기타 공학 연구개발업	73203	시각 디자인업
70130	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	73209	패션, 섬유류 및 기타 전문 디자인업
70201	경제 및 경영학 연구개발업	73301	인물 사진 및 행사용 영상 촬영업
70209	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	73302	상업용 사진 촬영업
71101	변호사업	73303	사진 처리업
71102	변리사업	73901	매니저업
71103	법무사업	73902	번역 및 통역 서비스업
71109	기타 법무관련 서비스업	73903	사업 및 무형 재산권 중개업
71201	공인회계사업	73904	물품 감정, 계량 및 견본 추출업
71202	세무사업	73909	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업
71209	기타 회계 관련 서비스업	74100	사업시설 유지·관리 서비스업
71310	광고 대행업	74211	건축물 일반 청소업
71391	옥외 및 전시 광고업	74212	산업설비, 운송장비 및 공공장소 청소업

〈표 VI-15〉 한국표준산업분류 세세업종 (74220~85612)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
74220	소독, 구충 및 방제 서비스업	84212	문화 및 관광 행정
74300	조경관리 및 유지 서비스업	84213	환경 행정
75110	고용 알선업	84214	보건 및 복지 행정
75121	임시 및 일용 인력 공급업	84219	기타 사회서비스 관리 행정
75122	상용 인력 공급 및 인사관리 서비스업	84221	노동 행정
75210	여행사업	84222	농림수산 행정
75290	기타 여행 보조 및 예약 서비스업	84223	건설 및 운송 행정
75310	경비 및 경호 서비스업	84224	우편 및 통신 행정
75320	보안 시스템 서비스업	84229	기타 산업 진흥 행정
75330	탐정 및 조사 서비스업	84310	외무 행정
75911	문서 작성업	84320	국방 행정
75912	복사업	84401	법원
75919	기타 사무 지원 서비스업	84402	검찰
75991	콜센터 및 텔레마케팅 서비스업	84403	교도기관
75992	전시, 컨벤션 및 행사 대행업	84404	경찰
75993	신용 조사 및 추심 대행업	84405	소방서
75994	포장 및 충전업	84409	기타 사법 및 공공 질서 행정
75999	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	84500	사회보장 행정
76110	자동차 임대업	85110	유아 교육기관
76190	기타 운송장비 임대업	85120	초등학교
76210	스포츠 및 레크리에이션 용품 임대업	85211	중학교
76220	음반 및 비디오물 임대업	85212	일반 고등학교
76291	서적 임대업	85221	상업 및 정보산업 특성화 고등학교
76292	의류 임대업	85222	공업 특성화 고등학교
76299	그 외 기타 개인 및 가정용품 임대업	85229	기타 특성화 고등학교
76310	건설 및 토목공사용 기계·장비 임대업	85301	전문대학
76320	컴퓨터 및 사무용 기계·장비 임대업	85302	대학교
76390	기타 산업용 기계 및 장비 임대업	85303	대학원
76400	무형 재산권 임대업	85410	특수학교
84111	입법기관	85420	외국인학교
84112	중앙 최고 집행기관	85430	대안학교
84113	지방행정 집행기관	85501	일반 교과학원
84114	재정 및 경제정책 행정	85502	방문 교육학원
84119	기타 일반 공공 행정	85503	온라인 교육학원
84120	정부기관 일반 보조 행정	85611	태권도 및 무술 교육기관
84211	교육 행정	85612	기타 스포츠 교육기관

〈표 VI-16〉 한국표준산업분류 세세업종 (85613~91221)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
85613	레크리에이션 교육기관	87292	종합복지관 운영업
85614	청소년 수련시설 운영업	87293	방문 복지서비스 제공업
85621	음악학원	87294	사회복지 상담 서비스 제공업
85622	미술학원	87299	그 외 기타 비거주 복지 서비스업
85629	기타 예술학원	90110	공연시설 운영업
85631	외국어학원	90121	연극단체
85632	기타 교습학원	90122	무용 및 음악단체
85640	사회교육시설	90123	기타 공연단체
85650	직원 훈련기관	90131	공연 예술가
85661	운전학원	90132	비공연 예술가
85669	기타 기술 및 직업 훈련학원	90191	공연 기획업
85691	컴퓨터 학원	90192	공연 및 제작관련 대리업
85699	그 외 기타 분류 안된 교육기관	90199	그 외 기타 창작 및 예술관련 서비스업
85701	교육관련 자문 및 평가업	90211	도서관 및 기록 보존소 운영업
85709	기타 교육지원 서비스업	90212	독서실 운영업
86101	종합병원	90221	박물관 운영업
86102	일반병원	90222	사적지 관리 운영업
86103	치과병원	90231	식물원 및 동물원 운영업
86104	한방병원	90232	자연공원 운영업
86105	요양병원	90290	기타 유사 여가관련 서비스업
86201	일반의원	91111	실내 경기장 운영업
86202	치과의원	91112	실외 경기장 운영업
86203	한의원	91113	경주장 및 동물 경기장 운영업
86204	방사선 진단 및 병리 검사 의원	91121	골프장 운영업
86300	공중 보건 의료업	91122	스키장 운영업
86901	앰불런스 서비스업	91131	종합 스포츠시설 운영업
86902	유사 의료업	91132	체력 단련시설 운영업
86909	그 외 기타 보건업	91133	수영장 운영업
87111	노인 요양 복지시설 운영업	91134	볼링장 운영업
87112	노인 양로 복지시설 운영업	91135	당구장 운영업
87121	신체 부자유자 거주 복지시설 운영업	91136	골프 연습장 운영업
87122	정신 질환 정신자제 및 약물 중독자 거주 복지시설 운영업	91139	그 외 기타 스포츠시설 운영업
87131	아동 및 부녀자 거주 복지시설 운영업	91191	스포츠 클럽 운영업
87139	그 외 기타 거주 복지시설 운영업	91199	그 외 기타 스포츠 서비스업
87210	보육시설 운영업	91210	유원지 및 테마파크 운영업
87291	직업 재활원 운영업	91221	전자 게임장 운영업

〈표 VI-17〉 한국표준산업분류 세세업종 (91222~99009)

코드명	세세업종명	코드명	세세업종명
91222	컴퓨터 게임방 운영업	96113	피부 미용업
91223	노래 연습장 운영업	96119	기타 미용업
91229	기타 오락장 운영업	96121	욕탕업
91231	낚시장 운영업	96122	마사지업
91239	기타 수상오락 서비스업	96129	체형 등 기타 신체 관리 서비스업
91241	복권 발행 및 판매업	96911	산업용 세탁업
91249	기타 사행시설 관리 및 운영업	96912	가정용 세탁업
91291	무도장 운영업	96913	세탁물 공급업
91292	체육 공원 및 유사 공원 운영업	96921	장례식장 및 장의관련 서비스업
91293	기원 운영업	96922	화장터 운영, 묘지 분양 및 관리업
91299	그 외 기타 분류 안된 오락관련 서비스업	96991	예식장업
94110	산업 단체	96992	점술 및 유사 서비스업
94120	전문가 단체	96993	개인 간병 및 유사 서비스업
94200	노동조합	96994	결혼 상담 및 준비 서비스업
94911	불교 단체	96995	애완 동물 장묘 및 보호 서비스업
94912	기독교 단체	96999	그 외 기타 달리 분류되지 않은 개인 서비스업
94913	천주교 단체	97000	가구 내 고용활동
94914	민족 종교 단체	98100	자가 소비를 위한 가사 생산 활동
94919	기타 종교 단체	98200	자가 소비를 위한 가사 서비스 활동
94920	정치 단체	99001	주한 외국 공관
94931	환경운동 단체	99009	기타 국제 및 외국기관
94939	기타 시민운동 단체		
94990	그 외 기타 협회 및 단체		
95110	컴퓨터 및 주변 기기 수리업		
95120	통신장비 수리업		
95211	자동차 종합 수리업		
95212	자동차 전문 수리업		
95213	자동차 세차업		
95220	모터사이클 수리업		
95310	가전제품 수리업		
95391	의복 및 기타 가정용 직물제품 수리업		
95392	가죽, 가방 및 신발 수리업		
95393	시계, 귀금속 및 악기 수리업		
95399	그 외 기타 개인 및 가정용품 수리업		
96111	이용업		
96112	두발 미용업		

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 박해동 (연구위원, 직업환경연구실)

연구원 : 박현희 (실장, 직업환경연구실)

연구원 : 변혜영 (과장, 직업환경연구실)

연구기간

2024. 2. ~ 2024. 11. 30.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**작업환경측정 DB를 통한 유해인자 노출감시 및
노출 평가 활용 방안(Ⅱ)
(2024-산업안전보건연구원-688)**

발 행 일 : 2024년 11월 30일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 박승현

연구책임자 : 직업환경연구실 연구위원 박해동

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 052-703-0883

팩 스 : 052-703-0337

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

I S B N : 979-11-94453-38-3

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체