



중대재해처벌법 시행에 따른 급성중독 위험직무 예측 (허용기준 설정물질 중심으로)

OSHRI

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



중대재해처벌법 시행에 따른 급성중독 위험직무 예측 (허용기준 설정물질 중심으로)

이유진, 노지원, 김세동

요약문

- 연구기간 2022년 1월 ~ 2022년 11월
- 핵심단어 중대재해처벌법, 급성중독직무, 허용기준
- 연구과제명 중대재해처벌법 시행에 따른 급성중독직무 예측
(허용기준 설정물질 중심으로)

1. 연구배경 및 목적

2022년 중대재해처벌법(이하 중대법) 시행에 나열된 급성중독대상 물질은 총 24개 항목 중 17개(산소결핍사고 항목 포함) 항목으로 기술되어 사업주에 대한 책임성이 강화되었으나 화학물질 중독이나 사고 다발 위험성이 높은 노출 상황이 반영된 직무 형태와 같은 구체적 예방 강화를 위한 정밀 자료는 부족한 실정이다.

본 연구는 중대법에 나열된 약 203종을 유해·위험성의 심각도를 중심으로 유해위험성 점수와 사고 발생여부와 건강영향정도 등을 반영하여 물질별 중독 및 사고발생에 대한 상대적 위험성을 제시하였다. 문헌 검토, 역학조사, 화학물질 관련 누출 및 중독사고 사례, 밀폐공간 질식사고사례, 작업환경측정자료에서 나타난 직무별 중독 및 사고 위험성을 다각도로 제시함으로써 사업주, 정부의 예방전략 수립과 시행에 기초자료를 제공함이 목적이다.

2. 주요 연구내용

1) 유해·위험성 심각도 및 문헌상의 중독사례에서 나타난 위험직무

중대법에 나열된 물질들 각각에 대한 건강유해성 분류를 검토하여 유해위험성 심각도와 피부 흡수가능성, 발암성, 생식독성, 생식세포변이원성은 만성영향점수, 기타 분류는 단기영향점수로 할당하고, 사례 발생여부 등을 고려하여 점수화하여 중대법 나열물질의 상대적 위험성을 검토하여 제시하였다.

허용기준 물질의 유기화합물은 급성 중독질환 사례점수가 상대적으로 높았으나 만성영향 점수 또한 상대적으로 높았다.

문헌에서 나타난 유기화합물과 관련된 위험직무 형태는 세정 및 청소로 세척제를 형궤에 묻히거나 스프레이 분사 형태로 사용하는 직무, 담금 및 주입 형태의 직무에서 중독사례가 확인되었으며, 사용된 세척제 성분이나 중독을 유발했던 물질은 노말헥산, 톨루엔, 트리클로로메탄, 디클로로메탄, 1-브로모프로판, 트리클로로에틸렌, 유기주석, 메탄올 등이었다.

금속류에 의한 중독은 에너지가 가해지는 절단, 용접, 용해, 압연, 그라인딩, 샌딩, 브레이징 등의 작업 중에 발생하며 국내에서 수은, 납, 카드뮴, 베릴륨, 코발트에 의한 중독사례가 이 과정에서 발생하였다.

2) 밀폐공간 사고에서 나타난 중독 사고 위험직무 (발생건수가 다수였던 직무)

2010~2021년도에 발생한 밀폐공간 중독 사고 214건을 ECHA(European Chemicals Agency)의 공정표준으로 분류한 결과 감독/관리, 청소, 기계 유지보수의 작업 순으로 발생건 수가 높았으며, 청소원, 전자제품 기계 설치 및 정비원, 상하수 배관공, 콘크리트 타설원의 직무에서 가장 많은 사고가 발생함을 알 수 있었다. 재해 원인 물질로는 황화수소, 일산화탄소, 산소결핍, 질소,

아르곤 순으로 높았으며, 주요 원인 물질인 황화수소와 일산화탄소가 전체의 50% 이상을 차지하였다.

3) 화학물질 누출 및 사고사례에서 나타난 중독 사고 위험 직무

산재 사례로 본 화학물질 급성중독사고 다발 직무는 화학물질 운반이나 주입과정 중에 발생하였다. 화학물질 관련 산재관련 자료에서 가장 위험직무는 밀폐된 설비내에서 이뤄진 보수나 청소 작업이었다. 물질별로는 이황화탄소의 기타공정에서의 위험도가 가장 높았으며 황화수소, 트리클로로에틸렌, 일산화탄소 순으로 근로손실일수가 높았다. 일산화탄소는 용접과 같은 금속과 관련한 고온 작업(PROC25)에서이 근로손실일수가 높아 중독 및 사고 위험도가 높았다. 트리클로로에틸렌은 담금 및 주입방식(PROC13)에서의 위험도가 높은 것으로 나타났다.

4) 역학조사에서 사례 분석에 나타난 중독사고 위험 직무

2013~2021년의 역학조사 사례 중 암, 감염성질환, 만성신부전과 같은 만성질환 등을 제외하고 화학적 원인, 과학적 근거가 있다고 역학조사평가위원회에서 판단한 사례 26건을 분석하였다. 역학조사에서 파악된 화학물질 중독 위험직무는 손이 접촉되는 수작업, 스프레이 형태의 작업, 그 밖에 금속과 관련된 고온 작업, 담금 및 주입방식의 제품취급 작업에서의 중독 발생 건이 다발한 것으로 나타났다. 이런 위험직무 형태가 나타나는 위험공정은 도장, 세척 및 세정, 방수, 용접 및 취부, 절단 파쇄, 도금의 순으로 높았다.

5) 작업환경측정자료에서의 공정별 노출특성

2013~2021년의 작업환경측정자료 중 중독사고 위험 상위 68종에 대해 업종별, 공정과 유해물질을 통합하여 분석하였다. 모든 결과는 현재의 노출기

준을 중심으로 노출지수로 환산하였으며 노출지수 50% 이상을 주의, 경고, 위험의 3단계로 구분해서 분석하였다.

작업환경측정에서 급성중독 및 사고 우려가 되는 직무는 세척 공정으로 연차별로 트리클로로에틸렌의 사용 및 노출은 줄어들고 있는 것으로 나타나고 있으나 위험수준이 여전히 높은 것으로 나타났다. 세정공정에 사용되는 디클로로프로판, 톨루엔, 황산, 불화수소, 1,2-디클로로프로판 등의 사용도 주의해야 한다.

용접 공정은 망간, 크롬, 트리클로로에틸렌, 일산화탄소의 위험도가 높은 것으로 나타났다. 성형 공정은 스티렌 및 트리클로로에틸렌의 노출 위험이 높은 것으로 나타났다. 인쇄공정의 주요 위험물질은 톨루엔이었으며 메탄올, 시클로헥사논의 노출위험이 높았다. 도장공정에서의 주요 위험물질은 크실렌, 톨루엔, 에틸벤젠의 위험도가 높은 것으로 나타났다. 혼합공정에서는 톨루엔, 디메틸포름아미드, 납 및 무기화합물 등의 노출이 위험했으며 위험수준의 노출사례는 디클로메탄이 가장 많았다. 검사공정에서의 위험도는 포름알데히드, 불화수소, 황산 등의 노출위험이 높았으며 가장 위험도가 높은 것은 불화수소의 노출이었다.

6) 결론

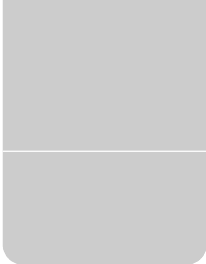
화학물질은 급성중독, 암 등의 만성영향 등 다양한 특성을 가지고 있다. 급성중독예방에 있어 화학물질 중심의 접근 보다는 노출특성을 반영하는 직무형태로의 방향전환이 필요하다. 기존 산재 및 역학조사 사례에서는 위험직무의 형태 즉 손의 접촉이 이뤄지는 작업, 스프레이 형태의 작업, 기타 금속에 고온이 가해지는 작업에서 질환과 사고가 발생하고 있음을 시사하고 있으며 작업환경측정자료에서도 이와 같은 결과를 보여 주었다.

3. 연구 활용방안

화학물질의 급성중독 및 사고 예방을 위한 전략 수립 및 사업설계에 연구 결과에서 도출된 자료들이 활용될 수 있다.

4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 연구위원 이유진
 - ☎ 052) 703. 0884
 - E-mail miummi@kosha.or.kr



목 차

I. 서 론	3
1. 연구배경 및 목적	3
2. 문헌 고찰	4
II. 연구방법	25
1. 연구절차	27
2. 연구방법	28
III. 연구결과	31
1. 중대법 나열물질의 유해·위험성의 심각도	33
2. 밀폐공간 중독 및 사망 건수로 본 위험직무	65
3. 화학물질 산재사고에서 나타난 급성중독위험직무	70

4. 역학조사 사례에서 나타난 급성중독위험직무	85
5. 작업환경측정자료에서 나타난 급성중독위험공정	90
IV. 결론	153
1. 논의 및 결론	155
2. 연구의 제한점	161
참고문헌	163
부록	173

표 목차

〈표 Ⅰ-1〉 유해성 위험성 평가대상 후보물질의 종류와 선정지표	10
〈표 Ⅰ-2〉 유해·위험성 정도로 분류된 건강유해성 분류	11
〈표 Ⅰ-3〉 안전보건공단에서 제공한 위험성평가내 건설 공종별 체크리스트 파일 일부	17
〈표 Ⅰ-4〉 ECE TOC TRA의 작업자 노출수준을 위한 공정분류(PROC) ..	19
〈표 Ⅲ-1〉 노출기준 및 허용기준 설정 물질의 특징	33
〈표 Ⅲ-2〉 중대법 나열물질별 유해·위험성의 심각도	48
〈표 Ⅲ-3〉 밀폐공간 중독사고의 ECHA의 공정 분류	65
〈표 Ⅲ-4〉 밀폐공간 중독사고 다발* 직종의 직무(ECHA 공정)별 발생 장소 ..	66
〈표 Ⅲ-5〉 유해인자별 밀폐공간 재해 건 수	68
〈표 Ⅲ-6〉 화학물질 산재사례에서 나타난 공정 유형별 분포	73
〈표 Ⅲ-7〉 중대법 중독 및 사고위험물질 상위 68종의 산재건수	75
〈표 Ⅲ-8〉 상위물질외 기타 물질과 관련된 산재건수	77
〈표 Ⅲ-9〉 2013~2021년 역학조사에서 나타난 주요 직무별 원인 및 급성질환	87
〈표 Ⅲ-10〉 2013~2021년 역학조사에서 나타난 물질별 직무형태	88
〈표 Ⅲ-11〉 2013~2021년 역학조사에서 나타난 물질별 질병의 종류 ..	89
〈표 Ⅲ-12〉 중대법상의 급성위험도 상위 68종에 대한 노출 측정 건수 ..	90
〈표 Ⅲ-13〉 2013~2021 중대법 나열 급성독성위험물질의 불검출률(%) ..	92
〈표 Ⅲ-14〉 노출지수로 본 업종별 급성 중독 및 사고 위험도(2013~2021) ..	95

〈표 Ⅲ-15〉 노출지수로 본 물질별 급성중독사고 위험도(2013~2021) ..	102
〈표 Ⅳ-1〉 안전보건공단 급성중독물질관련 기술지원사업(2009~2012)	158
〈표 Ⅳ-2〉 물질구분별 급성중독위험 직무 10종	160
〈부록 표-1〉 건강·유해성분류별 유해위험성 구분	173
〈부록 표-2〉 21년 제안된 공정분류 코드	182

그림목차

[그림 Ⅰ-1] 미국환경보호청의 188종 화학물질의 급성 공기 노출기준치 예	13
[그림 Ⅰ-2] 년도별 화학물질사고 발생건수	14
[그림 Ⅱ-3] 연구 절차 모식도	27
[그림 Ⅲ-1] 허용기준 여부 및 물질구분별 평균사례점수 차이	62
[그림 Ⅲ-2] 허용기준 여부 및 물질구분별 평균 단기영향점수 차이	63
[그림 Ⅲ-3] 허용기준 여부 및 물질구분별 평균 만성영향점수 차이	63
[그림 Ⅲ-4] 중독사고 다발물질 상위 25%	72
[그림 Ⅲ-5] 중독사고 다발직무 상위 25%	72
[그림 Ⅲ-6] 산재사고에서 나타난 화학물질 종류별 근로손실일수차이	80
[그림 Ⅲ-7] 화학물질관련 산재사고에서 나타난 직무(공정)별 근로손실일수	81
[그림 Ⅲ-8] 화학물질관련 산재사고 10건 이상 발생한 중독사고 위험 상위물질의 근로손실일수	82
[그림 Ⅲ-9] 중독사고 상위 물질의 공정별 근로손실일수	83
[그림 Ⅲ-10] 그 밖의 금속 고온작업(PROC 25)에서 나타난 노출물질별 근로손실일수	84
[그림 Ⅲ-11] 화학물질관련 산재사고 중 기타물질에서 나타난 근로손실일수	85
[그림 Ⅲ-12] 년도별 규모별 노출지수 분포	94
[그림 Ⅲ-13] 제조업에서의 공정별 중독사고위험물질 분포	97
[그림 Ⅲ-14] 건설업에서의 공정별 중독사고위험물질 분포	98

[그림 Ⅲ-15] 보건업 및 사회복지서비스업에서의 공정별 중독질환위험도 분포	99
[그림 Ⅲ-16] 광업에서의 공정별 중독사고 위험직무	100
[그림 Ⅲ-17] 수도, 하수 및 폐기물처리 원료재생업에서의 중독사고 위험직무	101
[그림 Ⅲ-18] 중독사고 위험물질의 년도별 위험도의 변화	105
[그림 Ⅲ-19] 트리클로로에틸엔의 공정별 년도별 급성중독 위험도 변화	106
[그림 Ⅲ-20] 트리클로로에틸엔의 사업장 규모별 공정별 급성중독 위험도 변화	107
[그림 Ⅲ-21] 디메틸포름아미드의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화 ..	108
[그림 Ⅲ-22] 포름알데히드의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화	109
[그림 Ⅲ-23] 황화수소의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화	110
[그림 Ⅲ-24] 암모니아의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화	111
[그림 Ⅲ-25] 아크릴아미드의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화	112
[그림 Ⅲ-26] 니켈 및 화합물의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화	113
[그림 Ⅲ-27] 아크릴로니트릴의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화	114
[그림 Ⅲ-28] 아크릴로니트릴의 규모별 공정별 급성중독 위험도 변화 ..	115
[그림 Ⅲ-29] 디클로로메탄의 년도별 공정의 급성중독 위험도 변화	116
[그림 Ⅲ-30] 트리클로로메탄의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화 ..	117
[그림 Ⅲ-31] 톨루엔의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	118

그림목차

[그림 III-32] 크실렌의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	119
[그림 III-33] 노말헥산의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	120
[그림 III-34] 황산의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	121
[그림 III-35] 디이소시아네트류의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화 ..	122
[그림 III-36] 염화비닐의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	123
[그림 III-37] 시안화수소의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	124
[그림 III-38] 메탄올의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	125
[그림 III-39] 1,2-디클로로프로판의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	126
[그림 III-40] 글루타르알데히드의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화 ..	127
[그림 III-41] 불화수소의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화	128
[그림 III-42] 일산화탄소의 공정별 급성중독 위험도 변화	129
[그림 III-43] 에틸벤젠의 공정별 급성중독 위험도 변화	130
[그림 III-44] 벤젠의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	131
[그림 III-45] 스토타드솔벤트의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화	132
[그림 III-46] 스티렌 사용공정의 연차별 급성중독 위험도 변화	133
[그림 III-47] 산화에틸렌 사용공정의 연차별 급성중독 위험도 변화	134
[그림 III-48] 이산화질소 사용공정의 연차별 급성중독 위험도 변화	135
[그림 III-49] 망간의 공정별 급성중독 위험도 변화	136
[그림 III-50] 크롬 및 3가크롬 사용공정의 급성중독 위험도 변화	137

[그림 Ⅲ-51]	납 및 무기화합물의 년차별 급성중독위험도 변화	138
[그림 Ⅲ-52]	카드뮴의 년차별 급성중독위험도 변화	139
[그림 Ⅲ-53]	수은 사용 공정의 중독사고 위험도 변화	140
[그림 Ⅲ-54]	코발트의 년차별 급성중독위험도 변화	141
[그림 Ⅲ-55]	급성중독위험 상위 물질 공정의 연차별 위험도 변화	142
[그림 Ⅲ-56]	연도별 급성독성물질 사용 공정별 위험도 변화	143
[그림 Ⅲ-57]	세척 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준	144
[그림 Ⅲ-58]	용접 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준	145
[그림 Ⅲ-59]	성형 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준	146
[그림 Ⅲ-60]	인쇄 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준	147
[그림 Ⅲ-61]	도장 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준	148
[그림 Ⅲ-62]	혼합 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준	149
[그림 Ⅲ-63]	검사 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준	150
[그림 Ⅲ-64]	접착 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준	151
[그림 Ⅳ-65]	병원 청소작업의 직무 수행과정(Bello등, 2009)	159

I. 서론

.....

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

1) 연구배경

2022년도 1월 27일 중대법이 시행되었다. 중대재해가 발생한 경우 사업주가 수립한 예방정책과 이행의 현실성을 고려하여 경영주의 책임에 대한 처벌이 강화된 법이다(고용노동부, 2021).

산업안전보건법의 화학물질 규제의 방향은 만성 및 급성 질환 모두의 관리에 초점을 맞추고 있는데 반해 중대법의 관심사는 단기 노출로도 근로자의 다수 부상이나 사망이라는 결과를 초래하는 물질이나 질환이다. 그러나 중대법 시행령에서 나열된 화학물질은 203종 이상으로 개별 화학물질로는 정확한 숫자를 제시할 수 없을 정도로 많다. 그럼에도 불구하고 현재 나열된 화학물질 중 근로자의 다수 부상 혹은 급성중독이나 질식 사망이라는 중대 상황을 초래할 수 있는 상대적으로 위험도가 높은 물질과 그 직무형태를 예측할 수 있는 자료는 부족하다.

2) 연구목적

중대법 나열물질의 물질 종별 대표물질에 대한 유해위험성의 심각도 점수를 산출하고 심각도가 상대적으로 높은 상위 물질들에서 발생하는 직무중심의 위험도를 제시함으로써 정책 및 예방전략 수립의 기초자료를 제공함이다.

2. 문헌고찰

1) 중대법에서 나열된 직업성질환으로서의 급성중독

중대법은 사업 또는 사업장, 공중이용시설 및 대중교통수단을 운영하거나 인체에 해로운 원료나 제조물을 취급하면서 안전·보건 조치의무를 위반하여 인명피해를 발생하게 한 사업주, 경영책임자, 공무원 및 법인의 처벌 등을 규정함으로써 중대재해를 예방하고 시민과 종사자의 생명과 신체를 보호함을 목적으로 하는 제정 형법으로 처벌대상 직업성 질환을 시행령에서 나열하고 있다(고용노동부, 2021).

중대법 시행령에서 나열된 직업성질환은 총 24개 항목으로 원인과 질병으로 나열하고 있는데, ❶ 중금속·유기용제중독 (16개 항목), ❷ 생물체에 의한 감염질환(4개 항목) ❸ 방사선, 이상 기온, 이상기압, 기타 산소부족 등에 기인한 질병 (4개 항목) 등을 포함하고 있다.

■ 중대재해 처벌 등에 관한 법률 시행령 [별표 1]

직업성 질병(제2조 관련)

1. 염화비닐·유기주석·메틸브로마이드(bromomethane)·일산화탄소에 노출되어 발생한 중추신경계장해 등의 급성중독
2. 납이나 그 화합물(유기납은 제외한다)에 노출되어 발생한 납 창백(蒼白), 복부 산통(産痛), 관절통 등의 급성중독
3. 수은이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독
4. 크롬이나 그 화합물에 노출되어 발생한 세뇨관 기능 손상, 급성 세뇨관 괴사, 급성신부전 등의 급성중독

5. 벤젠에 노출되어 발생한 경련, 급성 기질성 뇌증후군, 혼수상태 등의 급성중독
6. 톨루엔(toluene) · 크실렌(xylene) · 스티렌(styrene) · 시클로헥산(cyclohexane) · 노말헥산(n-hexane) · 트리클로로에틸렌(trichloroethylene) 등 유기화합물에 노출되어 발생한 의식장애, 경련, 급성 기질성 뇌증후군, 부정맥 등의 급성중독
7. 이산화질소에 노출되어 발생한 메트헤모글로빈혈증(methemoglobinemia), 청색증(靑色症) 등의 급성중독
8. 황화수소에 노출되어 발생한 의식 소실(消失), 무호흡, 폐부종, 후각신경마비 등의 급성중독
9. 시안화수소나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독
10. 불화수소 · 불산에 노출되어 발생한 화학적 화상, 청색증, 폐수종, 부정맥 등의 급성중독
11. 인[백린(白燐), 황린(黃燐) 등 금지물질에 해당하는 동소체(同素體)로 한정한다]이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독
12. 카드뮴이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독
13. 다음 각 목의 화학적 인자에 노출되어 발생한 급성중독
 - 가. 「산업안전보건법」 제125조제1항에 따른 작업환경측정 대상 유해인자 중 화학적 인자
 - 나. 「산업안전보건법」 제130조제1항제1호에 따른 특수건강진단 대상 유해인자 중 화학적 인자
14. 디이소시아네이트(diisocyanate), 염소, 염화수소 또는 염산에 노출되어 발생한 반응성 기도과민증후군
15. 트리클로로에틸렌에 노출(해당 물질에 노출되는 업무에 종사하지 않게 된 후 3개월이 지난 경우는 제외한다)되어 발생한 스티븐스존슨 증후군(stevens-johnson syndrome). 다만, 약물, 감염, 후천성면역결핍증, 악성종양 등 다른 원인으로 발생한 스티븐스존슨 증후군은 제외한다.

16. 트리클로로에틸렌 또는 디메틸포름아미드(dimethylformamide)에 노출 (해당 물질에 노출되는 업무에 종사하지 않게 된 후 3개월이 지난 경우는 제외한다)되어 발생한 독성 간염. 다만, 약물, 알코올, 과체중, 당뇨병 등 다른 원인으로 발생하거나 다른 질병이 원인이 되어 발생한 간염은 제외한다.
17. 보건의로 종사자에게 발생한 B형 간염, C형 간염, 매독 또는 후천성면역 결핍증의 혈액전파성 질병
18. 근로자에게 건강장해를 일으킬 수 있는 습한 상태에서 하는 작업으로 발생한 렙토스피라증(leptospirosis)
19. 동물이나 그 사체, 짐승의 털·가죽, 그 밖의 동물성 물체를 취급하여 발생한 탄저, 단독(erysipelas) 또는 브루셀라증(brucellosis)
20. 오염된 냉각수로 발생한 레지오넬라증(legionellosis)
21. 고기압 또는 저기압에 노출되거나 중추신경계 산소 독성으로 발생한 건강장해, 감압병(잠수병) 또는 공기색전증(기포가 동맥이나 정맥을 따라 순환하다가 혈관을 막는 것)-특검대상
22. 공기 중 산소농도가 부족한 장소에서 발생한 산소결핍증
23. 전리방사선(물질을 통과할 때 이온화를 일으키는 방사선)에 노출되어 발생한 급성 방사선증 또는 무형성 빈혈
24. 고열작업 또는 폭염에 노출되는 장소에서 하는 작업으로 발생한 심부채온 상승을 동반하는 열사병

한국의 질병 관리청¹⁾은 중독을 독성물질에 의한 신체적 물질적 중독(Poisoning/Intoxication)과 정신적 행위적(의존적) 중독(addiction)을 동시에 일컫는 말로 정의하고 있으며, 급성중독은 독성물질이 신체에 일으키는 급성 반응으로 인한 상태로, 만성중독은 오랫동안 노출되어 발생하는 상태로 구분하고 있다. 화학물질 분류표지 및 물질안전보건자료에 관한 기준(고용노동부

1) 질병관리청(2022.05). 중독의 개념. <https://www.kdca.go.kr> 정책정보-건강유해-중독 (2022년 11월 27일 접속)

고시 제2020-130)에서 사용하고 있는 건강·유해성 분류상에 「급성중독」은 입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 나타나는 유해한 영향으로 정의된다. 그러나 이 두 가지 정의 모두 실험실에서 인간이 관찰할 수 있는 환경에 있지 않으며, 산업현장에서 작업자의 노출은 단일물질 보다는 복합물질에 대한 노출의 형태가 대부분으로 특이하게 나타나는 증상이 아닌 일상적으로도 흔히 겪는 두통이나 어지럼증, 복통 등의 비특이적 증상이기 때문에 특정물질에 의한 영향인지 구분하기가 쉽지 않으며, 더군다나 작업 시 노출상황이나 수준이 명확하지 않은 상태에서 급성중독과 만성중독의 경계를 진단으로도 구분하기는 쉽지 않다.

이 때문에 중대법에서 나열하고 있는 급성중독이 직업성 질환으로 나열되어 있듯이 질환의 관점에서 이해되어야 하는 측면이 있다. 급성 질환은 만성 질환과 대응되는 개념으로 사용되는데 만성질환은 장기간 앓고 서서히 진행되고 사람 간 전파되지 않은 비감염성 질환으로 6개월 혹은 1년 이상 계속되는 질환으로 급성 질환과 대응되며, 심혈관질환, 암, 만성호흡기 질환, 당뇨병 등이 대표적이다²⁾. 질환의 개념과 함께 정의되는 중대법 상의 급성중독은 화학물질 노출에 의해 6개월 이내에서 회복 혹은 사망, 기능적 장애를 남기는 질환으로 노출과 관련해서 증상이나 징후가 갑작스럽거나 급격한 임상 경과를 가지는 특성을 가진 질환으로 이해할 수 있다.

더군다나 직업성질환으로 급성중독을 유발하는 화학물질의 수가 작업환경 측정대상물질의 화학적 인자에는 유기화합물 114종, 금속류 24종, 산알칼리류 17종, 가스상물질 15종, 허가대상물질 12종, 금속가공유 1종이 나열되어 있으며(183 종), 특수건강진단대상물질의 화학적 인자에는 유기화합물 109종, 금속류 20종, 산알칼리류 8종, 가스상물질 14종, 허가대상물질 12종, 금속가공유(미네랄오일미스트) 1종(164종)으로 중복항목을 제외하고 총 203종으로 많고 각 물질 종에도 다양한 물질이 존재하기 때문에 개별 화학 물질 수로

2) 통계청. 통계용어 및 지표(보건복지부 국민건강영양조사에서의 만성질환의 정의). <https://www.kostat.go.kr>(2022년11월 27일 접속)

계산하면 이 숫자를 훨씬 상회한다.

즉 중금속·유기용제중독에 관한 16개 항목 중 디메틸포름아미드 노출에 의해 발생한 스티븐존슨신드롬, 독성간염, 트리클로로에틸렌에 의한 독성간염, 납중독, 수은중독, 크롬에 의한 신장손상, 불산에 의한 폐수종 등 인과성이 비교적 분명한 중독 질환으로 나열하고 있기도 하지만, 위와 같이 203여 종의 화학물질군으로 나열하고 복합노출이 산업현장에서의 현실임으로 각 물질별 급성중독 질환의 범위와 한계를 이해하고 정의하는 것은 중요하다.

2) 건강·유해성 분류 기준으로 본 화학물질의 유해·위험성

국가 단위의 화학물질에 대한 유해성 위험성 평가는 각종 문헌조사, 독성평가, 취급량조사, 노출평가, 직업병 사례, 예상 노출량 등을 고려하여 사회경제성 평가를 고려하여 다양한 종류의 규제 수준을 결정한다(표 I-1).

이 중 특별관리대상물질은 발암성, 생식세포변이원성, 생식독성 등의 만성영향의 중요성을 고려한 규제물질이고, 허용기준물질은 발암성 물질 등 중대한 건강 장애를 일으킬 우려가 있는 화학물질 중심으로 구성된 점이 중대법에서 규정하고 있는 맥락에서 중점적인 관리 대상이다.

그러나 발암성 등 중대한 건강장애 우려 물질로 작업환경측정기술로 측정하고 공학적으로 노출 제어가 가능한 물질들로만 구성된 점에서 규제물질의 한계가 있으며 중대법 나열물질 전체의 맥락에서 허용기준 물질의 전반적인 특성과 그 한계를 이해할 필요가 있다.

국내에서 사용되는 화학물질은 화학물질 분류표지 및 물질안전보건자료에 관한 기준(고용노동부 고시 제2020-130)에 따라 유해·위험성 평가자료를 통하여 화학물질의 물리적 위험성, 건강 및 환경 유해성으로 분류한다(부록 1 참조). 이 분류체계 내에서 근로자에게 유해·위험성을 효과적으로 알리기 위해 간략화된 단어, 즉 신호어를 사용하고 있는데 유해·위험성 정도(심각성)를 표시하며, 심각성이 높은 구분에는 「위험」, 낮은 구분에는 「경고」로 표시하여 사용한다.

건강·유해성 분류항목 중 유해·위험성 정도 즉 심각성이 「위험」 수준으로 분류된 건은 총 18개의 분류 항목이 있으며 경고 수준은 14개 분류 항목이 있고, 수유독성 1개의 분류 항목이 심각성 없음으로 분류되었다(표 I-2).

33개의 복잡한 분류항목의 의미를 노출 위험성을 알리는 단순화된 언어 즉 신호어로 압축하여 전달하는 시도는 근로자의 유해·위험성 인지를 위한 중요한 전략이다.

〈표 I-1〉 유해성 위험성 평가대상 후보물질의 종류와 선정지표

후보물질의 종류		1차 선정지표	정성평가 지표
1차 유해성·위험성 평가대상 후보물질		- 유해성 가증치	- GHS 건강유해성 분류
2차 유해성·위험성 평가대상 후보물질		- 1차 유해성·위험성평가 대상 후보물질 - 외부 제안자 제안 물질	- GHS 건강유해성 분류 - 작업환경실태조사 자료 - 직업병 발생 여부 - 외국의 규제물질, 제안 사유 등
법적 관리수준 평가 대상 화학물질	노출기준 설정 유해인자 후보물질	- 법적관리대상 편입 후보물질	- 노출기준 값의 설정 및 개정의 필요성이 있는 물질
	작업환경측정 대상 유해인자	- 법적관리대상 변경 후보물질	- GHS 건강유해성 분류, 직업병 발생, 취급량 및 사회성·경제성 평가 결과 등을 고려하여 측정 대상 선정의 필요성이 있는 물질 - 측정 및 분석 방법이 확인되며, 국내 측정 기관에서 측정 및 분석이 가능한 유해인자
	관리대상 유해물질 후보물질	- 법적관리대상 변경 후보물질	- 원재료·가스·증기·분진 등으로서 상당한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유기화합물, 금속류, 산·알칼리류, 가스상대 물질류 - GHS 건강유해성 분류, 직업병 발생, 취급량 및 사회성·경제성 평가 결과 등을 고려하여 법적 관리 수준의 변경 필요성이 있는 물질
	특별관리물질 후보물질	- 법적관리대상 변경 후보물질	- 관리대상 유해물질 중 GHS 건강유해성 분류 결과 발암성, 생식세포변이원성 및 생식독성 1A 또는 1B 해당물질 - GHS 건강유해성 분류, 직업병 발생, 취급량 및 사회성·경제성 평가 결과 등을 고려하여 법적 관리 수준의 변경의 필요 성이 있는 물질
	허용기준 설정 대상 유해인자	- 법적관리대상 변경 후보물질	- 발암성물질 등 근로자에게 중대한 건강 장해를 유발할 우려가 있는 화학물질로서 사회성·경제성 평가 등의 결과 허용 기준 설정의 필요성이 있는 물질
	금지/허가 물질	- 법적관리대상 변경 후보물질	- GHS 건강유해성 분류에 따른 발암성, 생식세포변이원성 및 생식독성 1A 또는 1B에 해당되며, 사회성·경제성 평가 결과 화학물질의 금지/취급허가의 필요성이 인정되는 물질 - 화학물질관리법에서 금지/허가 대상이 면서, 근로자에게 중대한 건강상에 영 향을 미치는 것으로 확인된 물질

〈표 I -2〉 유해·위험성 정도로 분류된 건강유해성 분류

유해위험정 도(심각성)	건강유해성 분류	개수	비고
위험 (18건)	급성 독성(acute toxicity)	3	구분 1,2,3
	발암성(carcinogenicity)	2	구분 1A, 1B
	생식독성(reproductive toxicity)	2	구분 1A, 1B
	생식세포 변이원성(germ cell mutagenicity)	2	구분 1A, 1B
	심한 눈 손상성/눈 자극성(serious eye damage/ eye irritation)	1	구분1
	특정표적장기 독성 - 1회 노출(specific target organ toxicity - single exposure)	1	구분1
	특정표적장기 독성 - 반복 노출(specific target organ toxicity - repeated exposure)	1	구분1
	피부 부식성/피부 자극성(skin corrosion/irritation)	3	구분 1A, 1B, 1C
	호흡기 또는 피부 과민성(respiratory or skin sensitization)	2	호흡기 과민성 구분 1(1A, 1B)
	흡인 유해성(aspiration harzard)	1	구분1
경고 (14건)	급성 독성(acute toxicity)	2	구분4,5
	발암성(carcinogenicity)	1	구분2
	생식독성(reproductive toxicity)	1	구분2
	생식세포 변이원성(germ cell mutagenicity)	1	구분2
	심한 눈 손상성/눈 자극성 (serious eye damage/eye irritation)	2	구분2A,2B
	특정표적장기 독성 - 1회 노출 (specific target organ toxicity - single exposure)	2	구분2,3
	특정표적장기 독성 - 반복 노출 (specific target organ toxicity - repeated exposure)	1	구분2
	피부 부식성/피부 자극성 (skin corrosion/irritation)	1	구분2
	호흡기 또는 피부 과민성 (respiratory or skin sensitization)	2	피부과민성 구분1A,1B
	흡인 유해성(aspiration harzard)	1	구분2
없음 (1건)	생식독성(reproductive toxicity)	1	수유독성

3) 화학물질의 노출 기준의 종류와 그 시사점(EPA)

미국의 산업위생협의회나 국내 고용노동부에서 작업자들의 보호를 위해 제시하고 있는 화학물질의 노출 기준³⁾은 근로자가 유해인자에 노출되는 경우 노출기준 이하 수준에는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 기준으로 정의되며, 노출량을 결정하는 시간에 따라 1일 8시간 시간가중평균 노출기준, 단시간 노출기준 또는 최고 노출기준과 같이 3가지 기준을 제시하고 있다. 시간가중평균노출기준은 8시간 한정으로 적용되며 이를 초과할 경우 기준치에 대한 시간 보정이 필요하며, 단시간 노출기준은 1회 노출시간이 15분 이내로 한정하고 그 노출 수준이 8시간 노출 기준을 초과하는 경우 발생빈도를 1일 4회 이하로 회복 시간을 고려하여 60분 이상의 간격을 두고 발생하는 조건으로 기준 적용의 상황을 제시하고 상세하게 제시하고 있다. 최고노출기준은 근로자가 작업시간 동안 노출되어서는 안되는 기준이다.

미국 Environmental Protection Agency(EPA, 환경보호청)에서는 471종의 물질에 대해 급성 노출 기준치(Acute Exposure Guideline Levels, AEGLs)를 정해 데이터베이스로 그 수치를 공개하고 있는데 이들 화학물질은 공기 중 노출 시 호흡기 유입으로 인한 치명적인 중독영향이나 사망을 초래할 수 있는 물질로 테러활동이나 노출 사고에 대비하기 위해 만들어졌다.

1997년 5월 21일 우선 대상 물질이 85종이 최초 나열되고 이후 15종이 추가되어 100종의 우선순위 물질로 선정되었다. 2022년 5월 31일 371종이 선정되었는데 이 중 137종이 우선순위가 상대적으로 높은 물질로 독성, 휘발성, 화학물질을 관리하는 기관 목록에서의 존재 및 기타 요인에 기초 평가되었다. 최종 개발된 각 물질별 노출수준은 미국의 국립연구위원회에서(The National Research Council, National Academy of Sciences (NRC/NAS)) 데이터베이스로 발간하고 있다.

해당 웹사이트⁴⁾에서 물질명이나 CAS 번호로 검색하면 급성 공기 중 위험

3) 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시 제 2020-48호)

4) <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values>,

노출수준을 시간대별(10분, 30분, 1시간, 4시간, 8시간)로 3개의 수준으로 제시하고 있으며 증상이 있기는 하나 회복 가능한 불편감을 주는 정도의 노출 수준(AEGL1), 장기간 지속되는 건강 영향을 유발하는 노출 수준(AEGL2), 생명을 위협하는 노출수준(AEGL3)을 제시하고 있다. 2018년 8월 27일 최종 버전이 정리 공개되어 있다.

Magnesium aluminum phosphide (ppm)

	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	NR	NR	NR	NR	NR
AEGL 2	1.3	1.3	0.67	0.17	0.080
AEGL 3	2.4	2.4	1.2	0.30	0.15

NR = Not recommended due to insufficient data

56-23-5 Carbon tetrachloride (ppm)

	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	NR	NR	NR	NR	NR
AEGL 2	27	18	13	7.6	5.8
AEGL 3	700	450	340	200	150

NR = Not recommended due to insufficient data

57-14-7 1,1- Dimethyl hydrazine (ppm)

	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	NR	NR	NR	NR	NR
AEGL 2	18	6.0	3.0	0.75	0.38
AEGL 3	65	22	11	2.7	1.4

[그림 I -1] 미국환경보호청의 188종 화학물질의 급성 공기 노출기준치 예

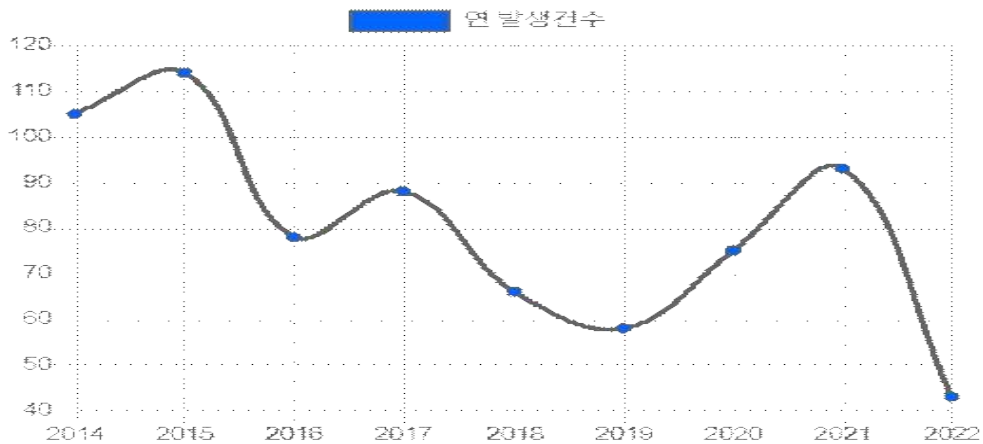
위의 화학물질에 대해 제시하고 있는 노출 기준들에서 볼 수 있듯이 화학 물질별, 시간별 노출수준을 별도로 제시하고 있는 이유는 중대법에서 규정하고 있는 화학물질에 의한 중독이나 사망과 같은 치명적인 결과는 화학물질의 고유한 특성뿐만 아니라 작업자가 실제로 화학물질을 사용해서 노출되는 과정 즉 노출되는 양, 시간에 따라 결정됨을 보여주고 있다.

4) 국내 화학물질 중독사고 사례 및 작업환경측정통계자료 등에서의 시사점

화학물질의 노출형태나 그 수준은 통계자료나 사례보고에서 알 수 있다.

2005~2018년까지 국내에서 발생한 유기화합물 및 금속, 가스상 물질 중 관련 중독 관련 산재 사례는 총 17종의 물질에서 확인되었다⁵⁾.

2010~2021년 안전보건공단 본부에서 수집 보관하고 있는 질식 중대재해 자료를 본 연구진에서 사전 분석한 결과 60개소 54명의 사망자를 냈던 물질은 황화수소, 51개소 발생, 46명이 사망자를 냈던 물질이 일산화탄소였으며 기타 산소부족에 의한 중대 재해 발생 건은 100건으로 총 95명이 사망했으며 산소부족을 유발했던 원인물질은 가스상으로 질소, 아르곤, SF₆, 이산화탄소 등이었으며 기타 밀폐공간에서 부패나 산화로 인한 산소 고갈에 의해 발생한 질식 재해였다. 매년 밀폐공간 질식재해자료는 안전보건공단 인터넷 사이트에서 사례보고양식으로 제공되고 있다.



[그림 I-2] 년도별 화학물질사고 발생건수

5) <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values>, 2022년 11월 3일 접속함, <https://www.kosha.or.kr> 안전보건공단-자료마당-통합자료실-재해사례-국내재해사례-질식 중독(2022.11.27. 접근함)

화학물질안전원의 화학물질종합시스템에서⁶⁾ 2014년 1월에서 2022년까지 9월까지의 수집한 화학물질에 의한 중독 및 사고사례는 총 720건으로(그림 I-3) 사고 원인으로 안전기준 미준수가 가장 많고(287건), 시설결함(276건), 운송 차량(149건), 자연재해(8건) 순이었다. 사고 형태는 누출이 575건으로 가장 많았으며 화재(45건), 폭발(59건), 기타(41건)의 순으로 많았는데 화학물질별, 작업형태 등과 같은 노출 상황이 체계적으로 정리 보고되지는 않고 사례보고 형태로 제공되고 있다.

산업안전보건법 제 125조에 의해 작업환경측정을 실시 해야 하는 대상 화학물질은 유기화합물 등의 183종으로 특별관리대상물질⁷⁾을 제외하고는 임시작업⁸⁾이나 단시간 작업⁹⁾을 제외한 규칙적이며 지속적으로 이뤄지는 정규작업이 대상이다. 따라서 화학물질을 사용하는 정규작업의 노출 실태를 작업환경측정결과로는 보여줄 수 있다. 그러나 2002~2014년까지 작업환경측정결과 분석에서 화학적 인자 각각에 대한 업종별, 규모별 노출 수준이 보고되고 있으나(산업안전보건연구원, 2016A, 2018) 특별관리물질 및 허용기준물질 등 보다 높은 관리규제물질에서조차 작업시 노출 실태에 확인할만한 직무나 세부 공정별 차이는 통계로 정리되지 않았다.

기존 연구에서 급성중독 발생 우려가 있는 작업은 비정상적 과다 노출 작업상황으로 화학물질의 용도와 공정에 차이가 있으나 대부분 포장용기에서 소분 혹은 분취하거나 운반할 때 발생하였으며, 기계적인 요인(정전, 기기 오작동, 파이프 손상 훼손, 노후화 등)으로 인한 문제를 해결하기 위한 과정에서 발생하였는데(산업안전보건연구원, 2016B) 화학물질을 취급하거나 노출이 예

6) 화학물질안전원. <https://icis.me.go.kr/pageLink.do> 화학물질종합정보시스템(2022.11.27.일 접근함)

7) 산업안전보건법 시행규칙 별표 18제1호 나목에 따른 발암성물질, 생식세포변이원성물질, 생식독성물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있는 물질로 별표 12에서 특별관리물질로 표기된 물질(산업안전보건기준에 관한 규칙 제 420조)

8) 일시적으로 행하는 작업중 월 24시간 미만인 작업으로 다만, 월 10시간 이상 24시간 미만인 작업이 매월 행해지는 작업은 제외(산업안전보건기준에 관한 규칙 제 420조)

9) 유해물질 취급에 소모되는 시간이 1일1시간 미만인 작업이지만 월 1일 1시간 미만인 작업이 매일 이뤄지는 작업은 제외(산업안전보건기준에 관한 규칙 제 420조)

상되는 비정규작업은 중독이나 사고가 다발하는 주요한 지점이다.

또한 수산화테트라메틸암모늄에 의한 급성중독 사례 분석에서 알 수 있듯 독성에 대한 유해성 인지가 없을 경우 신속한 구호작업이 늦어짐으로써 사고의 중대성이 가중될 수 있으며, 2011년 발생한 가슴기 살균제 피해 사고(정남순, 2013)는 기존에 닦는 용도(물티슈에 포함)로 사용된 살균목적의 화학물질이 분사 형태로 사용되어 호흡기로 유입되면서 사망 및 치명적인 영구 폐손상을 초래한 사례로 화학물질의 노출 형태와 그 유입경로가 화학물질의 독성을 결정하는 아주 중요한 요소임을 보여주었다.

5) 공종, 공정 및 직무를 고려한 노출 평가

공종은 건설정보분류체계에서 사용하는 용어로 기술적으로 설계되고 고안된 시설물의 부분을 제 자원을 동원하여 설계되고 고안된 기능을 가지도록 작업하는 단위를 정의하는 것이다. 즉, 공종은 자재, 인력, 장비 및 시간적 경제적 자원을 투입하고 기술적인 공법을 동원하여 작업을 함으로써 부위라는 물리적 실체를 생산하는 과정이다. 일부 공종의 경우에는 자재를 포함하지 않을 수도 있으며, 시설물의 부분을 생산하지 않는 경우도 있다(국토해양부 2009, 한국건설기술연구원 1996).

예를 들면 지반조성공사, 청소, 측량과 같은 공종이 그러한 경우이다. 그러나 이같은 공종도 인력, 장비 및 경제적 자원을 동원하고 있고, 건설 활동의 최종 목적물인 시설물을 생산하는 작업 과정임에는 틀림이 없다. 이러한 사실에서 공종은 시설물의 기능요소, 부위요소 등과도 밀접한 관계를 가지고 있음을 알 수 있다. 그러므로 공종의 정의 또는 주제어는 시설물, 부위요소, 자재, 인력, 장비, 공법 등에 근거하여 만들어지고 있다.

예를 들어 "콘크리트 공사"의 경우는 자재명에 근거한 공종명을 가지며, "조적공사"의 경우는 작업 방법에 근거한 공종명을 가지고 있다. 또 "인력터폐기, 기계터폐기"와 같은 공종은 인력, 장비와 공법에 근거한 공종명을 가진다. 이처럼 다양한 방법에 근거한 공종명을 가지고 있지만 그 차이점은 작업(공종)

에 대한 개념 중 강조의 대상을 달리하고 있을 뿐이며, 작업의 개념에서 그 공종을 대표하는 공종명을 찾고자 한 것이다.

건설에서의 공종은 공사의 유형별 종류를 지칭한 단어이고, 공정은 일의 진척되는 과정이나 정도로 한 제품이 완성되기까지 거쳐야 하는 하나하나의 작업단계를 일컫는다.

작업을 지칭하거나 포괄하고 있다는 점에서 공종과 공정의 공통점이 있으나 공정은 공종을 완성하기 위해 시간의 순서에 따라 배열되는 하위개념의 작업임을 다음의 예에서 확인할 수 있다.

〈표 I-3〉 안전보건공단에서 제공한 위험성평가내 건설 공종별 체크리스트 파일 일부

번호	건설업 공종별 공사종류	건설업 공종별 공종명	건설업 공종별 세부 공정명
1	아파트	기초파일작업	기초파일 자재·장비반입
2	아파트	기초파일작업	기초파일 천공
3	아파트	기초파일작업	기초 파일향타
4	아파트	기초파일작업	기초파일 두부정리
5	아파트	굴착작업	굴착 장비반입
6	아파트	굴착작업	굴착
7	아파트	굴착작업	굴착 토사반출
8	아파트	발파작업	발파 천공
9	아파트	발파작업	발파 장약
10	아파트	발파작업	발파
11	아파트	발파작업	발파 암처리
12	아파트	발파작업	발파 화약고 관리

작업을 지칭하고 있다는 점에서 공정은 직업 노출 측정의 핵심 정보 요소로 국내 작업환경측정자료를 전산 수집하고 있는 안전보건공단에서 공정¹⁰⁾에 대한 표준화를 여러 차례 시도해 왔으나 현재까지는 기존에 수집된 단어를 기존에 분류된 공정을 찾아가는 단서로서 색인어로 정리하였으며 38개 공정으로 재분류하여 제시한 수준이다(부록 2). 건설업에서의 공종명에서 보듯이 때

10) 표준국어대사전(네이버). <https://ko.dict.naver.com>(2022년 11월 27일에 접속함)

로는 조적처럼 작업 중심의 명명, 콘크리트작업처럼 자원 중심의 명명, 인력 터파기, 기계터파기처럼 사용하는 인력 및 사용자원, 공법 측면에서의 측면에서 지칭하는 작업의 특성을 세분화하고 이를 통해 작업을 대표하는 주요 단어로 표준화하는 과정이 선행될 필요가 있다.

표준국어대사전에 직무(職務, task)는 직책이나 직업상에서 책임을 지고 담당하여 맡는 사무로 정의되는데, 해야 하는 특정한 일이나 과제(job, work, occupation)의 하부 개념으로 이해된다.

이와 같이 직무는 유해요인의 노출 특성을 고려한 역할 중심의 구분으로서 다른 공정에서 동일한 역할을 수행하는 직무가 존재할 수 있다. 예를 들어 반도체 제조업에서 운전원(operator)라는 직무는 포토 공정과 확산 공정에 모두 존재할 수 있다(산업안전보건연구원, 2017).

일반적으로 노출 평가 시 활동 공정 즉 직무 등을 산업 코드 및 직업코드를 통해 분류하는데 이러한 코드는 화학물질 노출의 결정인자와 직접적으로 관련이 없다고 평가하고 있다(산업안전보건연구원, 2021A). 그러나 국가에서 정하고 있는 분류체계는 그 목적에 따라 달리 분류되고 있는데 여러 개의 직무로 구성된 직무일 경우 주 직무 중심으로 직무내용과 그 산업의 특수성을 고려해서 명칭을 선정한 한국 직업 사전의 직업 명칭은 직무 분석 활용에 참고할 수 있으며(고용정보원, 2020) 실제 2021년 국내 건설 코호트에서 이 직종 분류체계로 분류하여 직무 코호트로 명명하여 재분석하였다(산업안전보건연구원, 2021B).

유럽에서 공정이나 직무 중심의 평가를 시도한 사례는 ECETOC TRA (European Center for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals Targeted Risk Assessment), EMKG (Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe)-ExpoTool, Stoffenmanager, MEASE (Metal's Estimation and Assessment of Substance Exposure)가 있다(문준식 등5명, 2018).

이중 유럽의 화학물질청(European Chemicals Agency)의 ECETOC TRA의 공정분류체계(PROC)는 작업자의 노출을 고려하고 있는 시나리오 기반의 체

계로 2008년 5월 초판이 발생되었으며 2015년 기타 분류를 제외하고 30종의 공정으로 정리되었고 기타공정 PROC0은 시장과의 소통을 위해서 제한적으로 추가되어야 한다(ECHA, 2015).

PROC의 세부 내용을 살펴보면 화학물질 노출 지점에 작업에 초점을 맞추고 있으며 광위의 공정개념과 함께 단일 직무 단위도 개념도 희석되어 있음을 알 수 있다.

〈표 I -4〉 ECE TOC TRA의 작업자 노출수준을 위한 공정분류(PROC)

코드	코드명	설명 및 예시
proc 0	기타	다음 중 어떤 proc로도 분류할 수 없는 경우 선택 공정에 대한 설명을 추가로 기술하여야 함
proc 1	노출 가능성이 없는 밀폐된 공정에서 화학물질 생산 및 정제하거나 또는 동등한 용기 조건에서의 공정	물질을 제조하거나 혼합물을 생산하는 섹터에서의 공정 또는 화학산업에서 적용되는 것과 같은 밀폐공정과 같은 조건을 가진 공정의 일반적 속성을 기술한 것임 단한 샘플링을 포함한 닫힌상태에서의 운반도 포함됨. 시스템에 주입/배출하기 위한 열린 상태에서의 운반은 포함하지 않음
proc 2	통제 가능한 간헐적 노출 가능성이 있는 밀폐된 연속 공정에서 화학물질 생산 및 정제하거나 또는 동등한 용기 조건에서의 공정	물질을 제조하거나 혼합물을 생산하는 섹터에서의 공정(수동 조작을 제한적으로 포함하고 있는 연속 공정) ※연속공정: 장치의 조작방식으로 원료를 장치에 일정한 유속으로 연속적으로 넣는 동시에 연속적으로 제품을 꺼내는 방식
proc3	통제 가능한 간헐적 노출 가능성이 있는 화학산업에서 밀폐된 배치 공정에서의 생산 또는 조제 또는 동등한 용기 조건에서의 공정	물질을 제조하거나 혼합물을 생산하는 섹터에서의 공정(수동 조작을 제한적으로 포함하고 있는 배치 공정) ※배치공정: 각 조작마다 연료나 원료 등을 새로 장전하는 1회 장전의 조작을 말하며 연속공정의 반대
proc4	노출이 발생할 우려가 있는 화학물질 생산 공정	통제 가능한 노출이 간헐적으로 발생하는 일부 닫힌 배치 공정

코드	코드명	설명 및 예시
proc5	배치공정에서의 혼합 또는 배합	최종 사용 분만 아니라 제조의 한 과정으로 실시하는 고체/액체 물질의 혼합 또는 배합을 포함. 기존 vessel 주입/배출과 샘플링은 proc에는 포함되지 않음.
proc6	롤러성형 작업	상승된 온도에서의 넓은 면적을 가공. 예시:직물, 고무, 또는 종이 롤러 성형. 주위온도보다 높은 온도에서의 폴리머나 유사체를 대상으로 한 열린 공정. 상당한 노출 가능성
proc7	산업 스프레이 작업	액체나 분말에 적용 가능한 공기 확산 기술(다른 말로는 공기 압축, 수압, 원심분리를 통한 공기중으로의 확산(원자화)). 표면 코팅을 위한 단일물질/혼합물 분사, 접착제, 광택제/세척제, 공기 케어 상품, 블라스팅을 포함.
proc 8A	비지정 장소에서 단일/혼합물질의 운반(주입/배출)	노출을 저감하기 위해 지정된 공학적 제어가 없는 상태에서 대량의 화학물질을 관, 용기, 기계, 설비 등으로부터/등으로 운반하는 일반적인 작업이 해당. '운반'에는 싣고, 채우고, 버리고, 자루에 담고, 중량을 재는 작업이 포함됨.
proc 8B	지정장소에서의 단일/혼합물질의 운반(주입/배출)	노출을 저감하기 위해 지정된 공학적 제어가 있는 상태에서 대량의 화학물질을 관, 용기, 기계, 설비 등으로부터/등으로 운반하는 일반적인 작업이 해당. 대량(10kg이상)의물질을운반할수있도록특별히디자인되고가동되는장소에서물질운반이이뤄지고,화학물질에의노출이주로운반그자체가아니라결합/해체작업시발생하는경우를말함. 예시:'탱크로리상하차구역에서의작업.드럼채우기,'운반'에는싣고,채우고,버리고,자루에담고,중량을재는작업이포함됨.
proc 9	작은 용기로의 단일/혼합물질의 운반(계량을 포함한 지정된 충전라인)	증기와 에어로졸 배출과 누출 최소화를 모두 만족하도록 특별히 디자인된 충전라인 샘플링 작업 또한 포함.
proc 10	롤러 및 브러시 작업	팀으로 인해 노출될 가능성이 있는 표면에의 페인트, 코팅, 리무버, 접착제, 세척제 사용을 포함. 이

코드	코드명	설명 및 예시
		공정은 손잡이가 긴 도구를 이용하여 표면을 청소하는 작업 등에도 적용 가능
proc 11	비산업 스프레이 작업	액체나 분말에 적용 가능한 공기 확산 기술(다른 말로는 공기 압축, 수압, 원심분리를 통한 공기 중으로의 확산(=원자화)). 표면코팅을위한단일물질/혼합물분사,접착제,광택제/세척제,공기케어상품,블라스팅을포함. "비산업"표기는[산업용스프레이]에서언급한조건과구분하기위함이며,비산업적공간에서사용되는경우에한해서만이공정분류를적용할수있다는의미는아님.
proc 12	거품 제조를 위한 발포제 사용	액체혼합물 내에 기체 버블을 생성시켜 거품을 만들기 위한 물질 사용. 연속/배치공정 모두 가능.
proc 13	담금 및 주입 방식으로 제품 취급	담그고, 붓고, 적시고, 씻어내는 방식으로 제품을 처리: 이런 처리작업이 이뤄지고 난 물체의 취급작업 또한 포함 예시:조에서꺼내거나,조에넣거나,건조이후,도금 이렇게처리된제품의내용년수(유효수명)는별도로보고되어야함.
proc 14	정제, 압축, 압출, 펠렛화, 그레놀화	이후의 사용을 위해 정제된 형태로 물질/혼합물을 가공하는 것을 포함 ※정제(분순물제거),그레놀화(고체화시키는공법(고온건조등))
proc 15	실험실 시약으로 사용	실험실에서 적은양(1리터, 1키로)의 물질 사용. 이보다 더 큰 규모로 사용하는 것은 산업용으로 분류되어야 함. 품질 제어 공정에서의 사용 또한 포함.
proc 16	연료로 사용	밀폐공간에서 이동하는 경우 등 노출가능성이 제한된 곳에서의 고체/기체 연료(첨가제 포함)의 사용. 이 경우 proc8과 proc 9를 할당할 필요 없음. 배출가스예의노출은포함되지않음.
proc 17	금속가공 공정 내 높은 에너지 조건에서 윤활작업	열린계 또는 세미 닫힘계인 움직이는 기계/장비에서의 윤활 작업 증기와 에어로졸에 상당한 노출 가능성

코드	코드명	설명 및 예시
proc 18	높은 운동에너지 조건에서의 일반적 그리징/윤활작업	높은 운동 에너지 조건에서 윤활제 도는 윤활유를 사용하는 공정(수작업 포함). 단, 충전 작업은 포함되지 않음
proc 19	손이 접촉되는 수작업	손과 상완의 노출이 예상되는 작업; 개인보호구를 제외하고는 지정된 도구나 특정 노출제어가 이뤄지지 않음. 예시로 건설업에서 수작업으로 실시하는 시멘트와 소석고 혼합이나 염모제와 표백제의 혼합이 있음.
proc 20	작은 기기에서 기능성 액체 사용	일상에서의 액체의 열/압력 교환과 가온 기능성 액체를 포함한 시스템을 채우거나 비우는 것을 포함 (밀폐 시스템에서의 이동 포함). 예시;모터나엔진오일주입/배출,브레이크액,가전, 이경우proc8과proc9를적용할필요없음
proc 21	적은 에너지로 물질 조작/취급	수동 커팅, 저온 롤링, 물질 /제품의 조립/해체와 같은 활동 포함함, 대형(금속) 물질을 취급/운반하는 때에도 사용
proc 22	상당히 상승한 온도에서의 미네랄과 금속 제조 및 가공	주물/태핑/부유물 제거 공정을 제외한 용광로, 정제소, 오븐에서 이뤄지는 공정의 일반적 속성을 말함. 온도가 낮아져 차가워진 물질을 취급하는 작업은 proc 21이나 proc 26으로 분류할 수 있음
proc 23	상당히 상승한 온도에서의 열린 공정 및 운반공정	용광로, 정제소, 오븐에서 이뤄지는 주물/태핑/부유물 제거 공정의 일반적 속성을 말함. 또한 자갈/습식 그레놀조에 녹은 고체를 고온 담금 갈바나이징하는 공정 포함 ※갈바나이징:철표면의방수법중아연피복법의일종
proc 24	물질 또는 제품에 높은(기계)에너지를 가하는 작업	물질에 가해진 상당한 열 또는 운동에너지(예:고온 롤링/포밍, 그라인딩, 기계적 절단, 드릴링, 샌딩, 스트리핑)
proc 25	그 밖에 금속과 관련한 고온 작업	용접, 납땜, 가우징, 브레이징, 불꽃 절단 ※브레이징:경납땜으로모재가아닌납재만을용융시켜접합하는방식
proc 26	주위온도에서의 고체 무기물 취급	분진이 발생할 수 있는 형태의 광석, 정광, 금속 및 고체 무기물의 취급 및 운반, 대형 물질의 취급은 proc 21에 해당

코드	코드명	설명 및 예시
proc 27a	금속분말 생산(건식 공정)	금속공학적 공정(원자화, 건식 확산법)에 의한 금속 분말 제조
proc 27b	금속분말 생산(습식 공정)	금속공학적 공정(전기분해, 습식 확산법)에 의한 금속 분말 제조
proc 28	기계 유지보수(청소/보수)-수동작업	다른 proc으로 분류되지 않는 유지보수 작업(예: 본래 밀폐된 설비 내에서의 청소 작업 등)

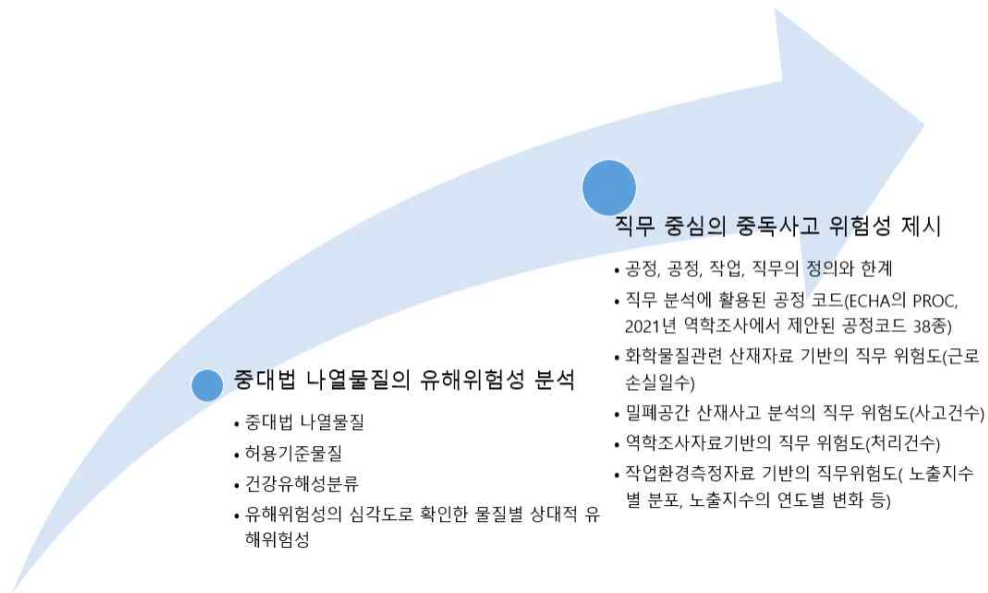
※ ECHA GUIDE의 내용을 발췌 번역하였으나 분류를 위해 용어설명을 일부 추가하였음

Ⅱ. 연구방법



II. 연구방법

1. 연구절차



[그림 II-1] 연구 절차 모식도

각종 분석을 위한 연구 자료의 사용과 폐기 절차과정은 본 연구원의 생명 윤리심의 위원회를 통해 사용 승인(OSHRI-202202-HR-005)을 받았다.

2. 연구 방법

1) 중대법 나열 물질의 유해·위험성 특성 및 문헌상의 중독사례 분석

- 중대법에서 나열된 물질군과 종류를 파악하였다
- 중대법 나열물질별 건강·유해성 분류항목을 검토하고 국내 화학물질 분류기준에 유해·위험성의 심각도를 나누고 있는 신호어를 사용해 각 물질분류의 유해·위험성 정도를 「위험」과 「경고」 물질로 구분하고, 위험은 2점, 경고는 1점을 부여하였다. 피부흡수를 통해 전신중독 가능성이 높은 물질은 2점의 위험점수를 가중하였다. 최근 2000년 대 이후 발생한 국내외 급성중독사례가 있는 경우 비가역적이거나 집단발병인 경우 10점, 기타인 경우 7점을 할당하여 사례 점수를 부여하였다.
- 건강·유해성 분류 중 발암성, 생식독성, 생식세포변이원성의 합을 「만성영향점수」로 피부 흡수를 통한 전신독성 물질을 포함하여 기타 유해성 분류 항목점수의 합을 「단기영향점수」로 정의하였다.
- 허용기준여부, 법적으로 구분된 물질구분(허가대상, 유기화합물, 금속류, 가스상, 산알칼리류)별 유해·위험성을 만성영향점수 및 단기영향점수, 사례점수로 비교하였다.
- 2000년대의 문헌상의 나타난 중독사례를 유해·위험성 심각도 수준에서 검토하고 분석하였다.

2) 급성중독질환 발생 위험 직무 및 노출 특성 분석

(1) 산업재해 및 역학조사관련 사례 분석

사례분석을 위한 직무는 화학물질 노출의 작업 특성을 고려하고 있는 ECHA 공정 분류를 직무로 분류·정의하고 설명하였다.

가) 화학물질 누출 및 중독사례 분석(2012~2021년)

2012~2021년에 공식 산재로 인정된 총 3,040건을 분석하여 산재 사례의 일반적 특성을 분석하여 기술하였다. 화학물질을 특정할 수 있는 사례 1,528건을 선정하여 화학물질 위험직무를 ECHA의 공정분류를 사용하여 분류하였다. 공정분류는 중복 분류 건이 있고 분석에 사용한 총 건수는 1,675건이었다. 위험도를 물질별 근로손실일수, 공정별 근로손실일수를 제시하였다.

나) 밀폐공간 사고사례 분석 (2010~2021년)

2010~2021년도에 발생한 213건의 밀폐공간 중독사고를 분석하여 공정과 직무를 분류하였다. 공정은 PROC을, 직무는 통계청에서 제시한 한국표준직업분류(7차)의 분류 체계를 이용하였다.

다) 역학조사 사례 분석에서 직무 특성 분석

2013~2021년 완료된 사례 중 공단이 보유하고 있는 보고서 중 암(전암성 질환 포함), 만성신부전, 감염성 질 등은 만성질환, 알레르기성 및 접촉성 피부질환에 대한 건은 공정분석에서 제외하였다. 파킨슨증후군과 파킨슨병은 파킨슨병으로 통일하였다. 화학적 원인, 과학적 근거가 있다고 판단된 사례 26건을 확인하였다. 총 26건의 작업 형태를 확인하고 ECHA의 위험성 평가의 공정분류를 사용하여 노출 특성을 파악하였다.

(2) 작업환경측정자료에서의 공정별 노출 특성

작업환경측정자료 분석을 위한 공정은 기존 공정코드를 재분류하여 2021년 최상준 연구팀이 제시한 38개 표준공정(SPC 공정, 부록 참조) 사용하였다. 2013~2021년 측정자료를 38개 표준공정으로 통합하여 하였다.

업종은 표준산업분류 10차로 통합하였다. 각 노출 수준은 현재의 노출기준 대비 노출량, 노출지수(100)으로 환산하여 표준화하였다. 총 8,078,020건으로 자료의 분포를 확인하였다.

작업환경측정 자료상의 10% 이상의 측정건수 385,789건을 분석에 사용하였다. ACGIH가 제안하고 있는 관리기준(노출 기준의 50%) 이상의 노출지수 구간을 3구간으로 나누어 50~75은 주의, 75~100은 경고, 100이상은 위험으로 분류하여 분석하였다.

(6) 통계분석

SAS. 9.4 version을 사용하여 자료 처리하였다.

Ⅲ. 연구결과

.....

Ⅲ. 연구결과

1. 중대법 나열물질의 유해·위험성의 심각도

1) 중대법에 기술된 화학물질의 특성

산업안전보건법상의 화학물질과 관련된 규제물질은 허가대상, 금지대상물질, 관리대상물질, 특별관리대상물질, 작업환경측정대상물질, 특수건강진단대상물질, 허용기준대상물질을 들 수 있다.

특별관리대상물질은 발암성, 생식독성, 생식세포변이원성 물질 중심으로 선정되어 있는 반면 허용기준대상물질은 특별관리대상물질을 상당부분 포괄하면서도 중독성 질환 등과 같은 사회적 우려를 불러일으켰던 물질을 포괄하고 있어 규제 수준은 상대적으로 높다.

산업안전보건법상에 규제 항목은 단일물질을 제시하기도 하고 무기화합물 같이 집단을 정의하기도 해서 법에서 제시하고 있는 노출 기준 제정물질 662종(이명 자료 제외) 중 허용기준 대상 물질은 42종으로 나열되어 있다.

〈표 Ⅲ-1〉 노출기준 및 허용기준 설정 물질의 특징

규제물질	총수	발암성	SKIN	생식독성	생식세포 변이원성	수유독성
노출기준설정 정물질	662	199	201	46	42	1
허용기준설정 정물질	42	29	12	13	8	-

이 중 ACGIH에서 1994년도 제시하고 있는 SKIN 표시 물질은 점막과 눈 그리고 경피로 흡수되어 전신 영향을 일으킬 수 있는 물질을 의미해서 별도의

표시체계로 제시하고 있다.

허용기준 설정물질에서 피부 흡수에 의해 전신영향을 일으키는 물질은 노말헥산, 디메틸포름아미드, 메탄올, 베릴륨 및 그 화합물, 벤젠, 브롬화메틸, 수은 및 무기화합물, 스티렌, 시클로헥사논, 아닐린과 그 동족체, 아크릴로니트릴, 이황화탄소인데, 이들은 국내에서도 집단 중독사고로 사회적 물의를 일으켰던 물질이 대부분이다. 작업환경측정자료에서 확인이 되지 않은 백린 및 인동족체의 금지물질 1종 제외하고 중대법상 개별 나열 물질에 우선대상기준에 포함시킨 사유는 한국 사회에 다발 했던 사례를 포함하고 있기 때문이다.

2) 유해물질별 유해위험 심각도와 물질별 중독사례

(1) 유해물질별 유해·위험 심각도와 국내 중독발생사례

단기영향 총점수가 가장 높았던 물질은 아크릴로니트릴이었으며 베릴륨 및 그 화합물, 포름알데히드, 아닐린 화합물, 페놀, 메탄올, 에틸렌 이민 등의 순으로 높게 나타났다.

만성영향 총점수가 가장 높았던 물질은 콜타르피치휘발물로 발암성, 생식독성, 생식세포변이원성 모두의 분류항목에서 유해·위험성의 심각도 「위험」 수준으로 확인되었다. 이 물질의 단기영향점수는 2점으로 피부과민성, 특정표적장기 1회 노출 독성이 「경고」 수준에 있었다.

1,1,-디클로로-1-플루오로에탄, 산화마그네슘, 산화아연, 안티몬 및 화합물, 텅스텐 및 그 화합물, 크롬광가공 유해물질은 건강유해성 분류의 심각도를 설정할 만한 자료가 없었다.

염화비닐은 발암성이 「위험」, 생식세포변이원성 「경고」 수준으로, 6가 크롬은 발암성 분류에서 유해·위험성이 「위험」으로 만성영향에만 할당되었다. 염화비닐의 급성중독 사례는 2000년대 이후 국내에서 보고되지 않았다.

유기 주석의 급성중독 증상은 중추신경계 이상, 신독성, 간독성인데 2006년 국내에서 43세 남성 근로자가 탱크에 보관되었던 DMT(유기주석의 일종)

제거 및 세척 작업을 4일간 진행한 이후 의식 저하로 치료받는 사례가 있다(김유정 등 10인, 2016).

메틸브로마이드 관련 중독사고는 2000년도 이후에도 국내에서 지속적으로 발생했으며 대부분 농산물이나 목재의 훈증이나 토양방제과정에서 발생하였으며(고용노동부, 2005., 안전보건공단, 2015) 대부분 지속적인 노출보다는 반복적인 고농도 노출로 발생한 중독이었다. 그러나 최근에는 일반인에 비해 방역 작업자의 혈액 내 요중 브롬이온이 증가되어 있고(서정옥 등 8인, 2019) 무증상이라도 메틸브로마이드에 의한 지속적 노출시 중추신경계에 부정적 건강 영향이 확인되었으며(Park M-G 등 6인, 2020) 국내에서 목재 훈증 소독제로 메틸브로마이드가 2021년까지 연간 400만톤 가량 다량으로 여전히 사용되고 있어¹¹⁾ 이들 작업자에 대한 적극적인 건강모니터링과 작업환경관리가 필요하다. 훈증제 사용 외 메틸브로마이드 중독사례는 반도체 제조업 기판의 촉매제로 사용되는 히드록시피렌을 제조하기 위해 밀폐된 공간에서 피렌, 브롬화수소산, 메탄올, 염산 등의 원료를 혼합하면서 발생한 메틸브로마이드 가스에 노출된 지 2개월 만에 발생한 의식저하, 현훈, 이명, 구음장애, 보행장애 등의 가역적 뇌병증 2건의 사례가 있다(조성래 등 4인, 2011).

납 중독은 2012년 국내 고철 재활용업체에서 폐탱크를 절단하거나 가열 작업을 했던 근로자에서 집단 중독사례가 발생하였는데 탱크에 도포된 페인트의 납성분이 고열의 절단 과정이나 용융과정에서 흡의 형태로 유입되어 독성을 유발한 것으로 추정되었다(구본학 등 5인, 2012).

수은중독 사례는 1988년 형광등 제조업체에서 집단 발생이 보고되었고 그 해 서울대병원에 입원한 온도계 및 압력계 제조업체에 근무한 15세 남아가 수은중독으로 사망하면서 수은 중독에 대한 사회적 관심을 불러 일으켰고, 그 후 온도계 제조업체에서 집단 발생이 기사화 되었다(임현술, 2015). 2000년도 이후에는 반도체 폐기물에서 은 추출과정에서 발생하는 수은 증기의 중독

11) 뉴스케이프. 농림축산검역본부, 목재소독에 오존파괴 물질 메틸브로마이드사용, 전수용. 2022.10.04. <http://www.newscap.co.kr/news/articleView.html?idxno=89306> (2022년 11월 30일에 접근함)

사례가 있으며, 2015년 광주에 소재한 형광등 생산시설 철거작업 근로자 21명 중 18명에서 수은중독이 발생한 사례(고용노동부, 2021)는 당시 원청사업자가 도급사업체의 철거작업 근로자들에게 수은 취급시설임을 알리지 않아 당시 대부분의 작업자들이 감기 몸살, 피부발진과 같은 비특이적 증상을 겪어 뒤늦게 수은중독 사실을 알게 되었으며 공사과정에서의 추정 누출량이 약 400kg으로 많았다(안전보건공단, 2017).

수은은 피부 노출로 전신 중독가능성이 높은 물질로 수은 증기 노출시 유해·위험도는 「위험」 수준에 있고 반복 노출시 인후두염, 삼킴곤란, 복통, 구토 등이 생기며 심한 경우 설사와 쇼크로 사망에 이르게 할 수도 있다.

크롬 및 화합물에 의한 국내외 급성 중독 사례는 확인할 수 없었다. 6가크롬은 발암성 유해위험성 심각도 수준은 크롬산아염이나 크롬 금속은 호흡과 민성이 「위험」수준이고 표적장기 1회 노출로도 「경고」수준에 있다.

벤젠의 경우 2000년도 이후 암 및 혈액성 질환을 제외한 국내 급성중독 사례 보고되고 있지 않다.

2020년 1월 전남 광양에서 컨테이너 내부를 톨루엔을 걸레에 묻어 벽면에 남은 얼룩을 제거하던(세척) 20대 노동자 톨루엔 급성중독으로 의식을 잃은 사건이 있었다¹²⁾. 2015년 울산에서 10년 이상 도장공으로 일해온 59세의 여자환자가 선박작업 중 발생한 급성톨루엔 흡입으로 인한 의식저하로 응급실에 입원한 사례로 톨루엔의 노출에 의한 급성 뇌병증 1례와 함께 근로자 구출을 위해 진입했던 근로자의 톨루엔 노출에 의한 세노관증 산증 및 횡문근융해증의 사례가 보고되었다(박대권 등 2인, 2015). 2001년 선박탱크 청소에 사용되었던 잔류 톨루엔에 의한 1명이 사망하고 2명이 증상을 입은 사례가 보고되었다¹³⁾.

톨루엔은 표적장기 및 반복노출시 유해위험성 심각도는 「경고」 수준에 있었다.

12) 경향신문, 컨테이너 세척하던 20대 노동자, '톨루엔 급성중독'으로 의식잃어. 2020.1.21. <https://m.khan.co.kr/national/labor/article/202001211033001#c2b>

13) 매일노동뉴스. 선박탱크 청소중 톨루엔 중독사고 발생. 2001.07.14. <https://m.khan.co.kr/national/labor/article/202001211033001#c2b>

2020년 5월 7일 인도 남부 LG폴리머스 인디아 공장에서 발생한 가스누출 사고로 8일까지 11명이 사망하고 약 1000명 가량이 입원한 사건인데 원인물질로 지목된 것이 스티렌이다. 스티렌 모노머는 중합체의 원료물질로 반응성이 좋아 공기 중 산소와 결합하여 독성이 강한 이산화스티렌을 형성하고 스티렌 증기를 흡입하면 폐에 액체가 고이는 폐부종이 발생할 수 있다. 한국에서도 2015년 경기도 화성에서 지하 탱크에 보관된 스티렌 유출 사고가 있었다¹⁴⁾. 그러나 우리나라는 2000년 이후 직업적 스티렌 노출과 관련된 직업병 발생 사례가 없으나 해외에서 스티렌 노출과 관련된 기관지 천식, 중추신경손상, 말초신경병증 등의 발생 사례가 보고되었다(안전보건공단,2008).

스티렌 또한 피부 흡수를 통한 전신증상이 발생할 위험이 크고 표적장기 반복 노출이 발생할 경우 유해·위험성은 「위험」 수준에 있다.

시클로헥사논의 경우 2000년대 이후 국내외 재해사례는 확인할 수 없었다.

노말헥산의 노출은 신경독성을 유발하며(조성용 등 7인,2007), 2000년도 이후 아시아 지역의 전자업계의 종사 근로자에서 다발했는데 일본의 경우에도 액정 세정공정의 근로자에게 다발성신경병증이 집단 발병하였고, 우리나라에서도 2004년 노트북 액정프레임 제조업체의 수정검사부에서 근무하던 태국인 근로자 8명에서 발생하여 사회적 이슈가 되었는데 제품을 육안으로 검사 후 얼룩이나 부착된 먼지를 제거하기 위해 노말헥산을 형겔에 묻혀 문질러 닦는 작업이었다(전희경 등 2인,2012). 근로자들은 환기장치가 전혀 없는 상태에서 문을 닫고 하루에 15시간 이상 작업을 했는데 노말헥산은 무색의 휘발성 액체로 증기압이 20℃ 기준으로 124mmHg로 높은 편이며, 64~244 ppm정도가 되어야 냄새로 물질의 존재를 알 수 있다(안전보건공단,2021). 노말헥산은 흡입 노출 뿐만 아니라 피부 노출시 전신중독가능성이 높은 물질이고 표적장기 반복 노출시 유해위험성 심각도가 「위험」 수준에 있는 물질이다.

트리클로로에틸렌은 건강유해성 분류만으로는 해석하면 발암성의 위험이

14) 연합뉴스. 인도누출사고 추정물질 스티렌.. 많이 마시면 혼수상태유발.2020.05.08.
<https://www.yna.co.kr/view/AKR20200508019700009>(2022.11.30.접근함)

더 크고 생식세포변이로 인한 근로자의 자녀에의 피해 가능성도 있는 물질이다. 피부 노출로 인한 직접자극이나 손상가능성이 「위험」 수준에 있고, 피부과민 반응이나 표적장기 1회의 고농도 노출의 유해위험성 심각도는 「경고」수준에 있다. 또한 트리클로로에틸렌은 중대법에 나열된 직업성질환 중 2가지 항목에서 나열될 만큼 산업보건분야의 주요 이슈가 되었으며 이와 관련된 특이적 중독질환은 스티븐스존슨증후군과 독성간염이 중대법 처벌 대상 질환이다.

트리클로로에틸렌의 의한 독성간염은 간효소수치만 상승하는 경한 정도에서 급성간기능부전에 의한 사망까지 다양하게 나타난다(임재희 등 10인, 2011). 스티븐스존슨증후군은 전신흡수를 통한 과민면역반응의 일종으로 독성간염과 피부질환이 동시에 나타나는 질환으로 적절히 치료받지 못하면 발생한 지 한달 이내에 사망할 확률이 높은 질환이다(안전보건공단, 2021B). 2015년과 2019년에는 트리클로로에틸렌의 세척조를 청소했던 근로자들이 단 1회 노출로 사망하였다(안전보건공단, 2015B, 안전보건공단, 2019).

이산화질소 흡입으로 인한 국내 중독사례는 2005년 보고되었는데 금속제련 목적으로 황산과 질산을 합성해서 인위적으로 발생시킨 이산화질소의 누출로 발생한 사고였는데 근로자가 보호구를 사용한 상태에서 약 1시간 흡입 후 발생한 급성폐부종 사례이다(장진혁 등 8인, 2005). 이산화질소는 흡입시 유해·위험성의 심각도가 「위험」수준이다.

시안화합물인 시안화수소에 의한 중독 사례가 2018년 5월 인천 소재 도금사업장에서 발생하였다. 도금조에서 물과 시안화나트륨을 혼합하는 20대 근로자가 의식소실 이후 중증의 대사성 산증 및 저산소성 뇌손상이 발생하였다(안전보건공단, 2018). 작업장 내부는 별도의 환기장치가 없었으며 근로자는 보호구를 착용하지 않았는데 시안화수소는 급성경구 뿐만 아니라 급성경피독성, 표적장기 1회노출, 반복노출시 유해위험성이 모두 「위험」 수준에 있는 물질로 심혈관계, 중추신경계 독성이 강한 물질이다.

카드뮴 국내 독성 사례는 2016년 12월 인천 소재 금속 절삭기계 부품을 생산하는 업체에서 용접봉을 이용한 은땜 용접작업을 하던 근로자의 신장손

상이었다(안전보건공단, 2017B).

메틸이소시아네이트는 카바메이트 살충제나 제초제 생산과정의 중간 매개체로 사용되며 제조공정에서 작업자에서 노출이 발생될 수 있는데 1987년 인도 보팔의 누출사고로 2,000명이상 사망하고 생존자 170,000명에게 건강장애를 남겼다¹⁵⁾. 톨루엔다이소시아네이트, 디페닐메탄다이소시아네이트, 헥산메틸렌 다이소시아네이트와 같은 폴리우레탄 계열의 원료물질은 폐를 자극하지만 민감성에 의한 결과가 더 위험하다(V. Courtney Broaddus, 2022). 증기로 흡입 노출되었을 때 유해위험성 심각도는 「위험」 수준에 있고, 이와 별도로 호흡성 과민성에 의한 심각도 또한 「위험」 수준이다. 이소시아네이트계 물질은 직업성천식을 유발하는 가장 흔한 물질 중 하나이며 천식은 호흡성 과민반응의 일종이다¹⁶⁾.

디메틸포름아미드는 2000년 합성피혁배합공정에서의 근로자 독성간염 보고되었고(안전보건공단, 2007), 2006은 배합공정의 근로자가 독성간염으로 사망하였다¹⁷⁾. 2006년 전자부품공장의 밀폐된 제조공정실에서 하루 1-2시간 정도 디메틸포름아미드를 취급하는 작업공정에 약 10개월 정도 작업하던 47세의 작업자가 병원 방문 3-4일전 방독면과 안면사이에 생긴 틈으로 제대로 밀착되지 않은 상태에서 평소보다 많은 시간동안 디메틸포름아미드를 흡입하여 흡입에 의한 황문근유행 및 급성독성간염으로 치료받았다(주명돈 등 3인, 2006). 2008년 2월, 특수용장갑 제조업체에서 디메틸포름아미드로 배합·코팅 작업을 하던 외국인 근로자 3명에게 독성간염 발생하였다. 디메틸포름아미드 또한 피부의 노출만으로 전신중독을 일으킬 수 있는 물질인데, 흡수량의 3분의 1은 공기 중에 증기압에 의한 피부 흡수를 통해 체내로 유입된다¹⁸⁾.

건강영향이 나타나는 인체 장기는 주로 간인데 독성간염이 의심되는 경우

15) EPA. Methyl Isocyanate. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/methyl-isocyanate.pdf>

16) OSHA. <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3707.pdf>

17) 매일노동. “DMF 중독사망 근본적 대책요구”- 노동건강연개. [http://laborhealth.or.kr/2218\(2022.11.30 접근\)](http://laborhealth.or.kr/2218(2022.11.30 접근))

18) 2001 ACGIH BEI DOCUMENTATION(DMF BEI)

즉시 노출을 중단하고 노출 중지 후 대부분 3-4주 내에 간효소의 검사값은 정상값으로 회복된다. 그러나 간독성이 심한 물질임으로 가급적 10ppm 이하로 작업환경농도유지가 중요하다(안전보건공단, 2021C).

증기로 흡입 노출시 유해·위험성의 심각도는 「위험」 수준에 있고, 표적 장기 1회 노출에 의한 심각도는 「경고」 수준에 있다.

메탄올의 최근의 중독사례는 2016년 1월 국내 경기도 부천 및 인천 소재 핸드폰 부품 생산 사업장(3개소)에서 근로자 7명이 CNC 절삭작업과 검사작업을 하다가 고농도의 메탄올 증기를 흡입하여 실명 등의 급성 중독사례였다(안전보건공단, 2017C). 당시 작업은 가공제품의 냉각 세척제로 사용됨으로써 가공품에 남아 있던 열기가 증기 발생을 가속화시켰다.

시사IN에서 이 중독사례를 조사했던 의사는 사업주가 메탄올의 유해성에 대해서 몰랐음을 증언했고, 사건조사과정에서 이전의 파견근로자가 관련 물질에 의한 실명으로 산재를 받는 사례가 있었음에도 불구하고 사업주는 이 물질에 대한 심각성을 이해하지 못했고 이 때문에 근로자에게 이 물질 취급으로 인해 실명할 수 있다는 사실이 전달되지 못했음을 지적하였다¹⁹⁾. 메탄올은 피부 동시 노출시 전신중독가능성이 높은 물질이고 인체 유입경로가 경구, 흡입, 피부 모두에서 노출시 치명적인 결과를 초래할 수 있는 「위험」 수준의 물질이며 1회의 고농도 노출에도 유해위험성의 심각도는 위험수준에 있다.

아크릴로니트릴은 니트릴기가 붙어 있는 만큼, 고농도로 노출될 경우 청색증과 유사한 제반 혈관계통 증상이 나타나기도 하며, 신경독성과 간기능이상을 나타낼 수 있다고 알려져 있다(이유진 등 2인, 2011). 국내 중독 사례는 플라스틱 가공업체에서 자동차 음향기기 및 에어컨 케이스를 전기인두로 조립하는 54세 여성 근로자에서 중독증상이 발생하였는데 노출 약 2년쯤 지난 뒤부터 몸이 떨리고 가슴과 머리가 아프고 호흡곤란이 발생하였는데 반복적인 기관지 감염에 의한 기관지 확장증의 원인 물질로 인정받았다(산업안전보

19) 시사IN. 여러명 시력 앓아간 메탄올 중독사건. 김현주(2018.12.14.). <https://sisnain.co.kr>(2022년11월 30일에 접근함)

건연구원, 2005,2006).

2004년 국내에서 티타늄, 베릴륨, 철, 구리, 아연, 니켈 및 지르코늄을 포함한 여러 가지 액체 재료를 사용하는 금속공장에서 일하는 9명의 근로자에서 급성베릴륨 폐질환이 보고 되었는데 모든 근로자는 치료 3개월 이내 폐가 정상적으로 회복되었으며 환경개선 이후 추가 질환자는 보고되지 않았다(Y.Kim 등 5인,2004).

베릴륨은 피부노출 자체만으로 전신중독위험성이 있으며 분진형태의 흡입 노출, 호흡과민성, 표적장기 반복노출시 각 유해·위험성의 심각도는 「위험」수준이다.

아크릴아미드 중독 사례는 2014년 국내에서 아파트 공사현장에서 아크릴아미드 함유 방수제를 천정에 주입하는 방식으로 작업하던 중 갑작스런 역분사에 의해 발생한 피부 노출로 인한 말초신경손상 2건이 보고되었다(안전보건공단,2016). 아크릴아미드는 방수제, 상수응집제, 수지가공, 접착제, 도료 등에 사용되는데 피부흡수에 의한 중독가능성이 매우 높은 물질로 반복노출시 말초신경손상을 유발한다.

알릴글리시딜에테르에 의한 2000년대 이후 국내외 급만성 중독사례는 확인되지 않았다.

글루타르알데히드의 증기 흡입, 피부부식 및 자극, 호흡과민성에 대한 유해 위험성의 심각도가 위험수준에 있다. 급성경구흡입시 유해위험성이 위험수준인데 Ramathibodi Poison Center의 데이터를 사용하여 5년 후향적 코호트 연구(2013년 7월~2018년 6월)에서 분석한 글루타르알데히드 함유제품에 의한 사망과 관련된 224건의 보고 결과, 음용으로 인한 중독이 대부분으로 이들 대부분이 농장소독제로 사용된 글루타르알데히드가 원인인 것으로 추정되었고, 전신증상이 발현된 것 또한 음용으로 인한 것이었다(Thumtecho S 등 6인,2021).

1-2%의 글루타르알데히드는 병원에서의 의료기기 소독제로 주로 사용되는데 2002년 수술실 여성마취의사의 내시경 소독제 2% 글루타르알데히드 흡입

노출에 의한 불안증상(Proietti L 등 3인, 2002) 사례보고가 있었으나 문헌상에서 흡입에 의한 국내 중독사례는 확인할 수 없었다. 10% 고농도의 글루타르알데히드를 함유한 구제역 방역제를 음용수로 착각하여 3모금 정도 마신 후 발생한 흡인에 의해 발생한 화학적 폐렴이 사인이 된 사례가 있다(Suk Hyun Jang 등 7인, 2012).

황산디메틸에 대한 문헌상의 국내외 중독사례 확인되지 않았다.

작업환경에서 코발트 노출은 초경합금 산업에서 입자상 형태로 노출되며 건강 영향을 받는 인체 장기는 폐로 다이아몬드 산업에서 연마과정(polisher)에서 호흡기 노출 가능성이 높고 전자폐기물 재활용산업에서의 건강영향위험성이 보고됨에 따라 폐기물 재활용 산업 종사근로자의 보호조치가 필요하다(Laura Leyssens 등 5인, 2017, Grank K 등 3인, 2013). 코발트의 분진형태로 흡입노출시 유해·위험심각도는 「위험」수준이고, 호흡과민성에 의한 심각도도 위험하다.

미국의 2017년 연례보고서에서 암모니아 중독 건이 1846건의 단독 노출이 보고되었는데 사망사례는 없었으나, 치명적인 주요부작용 발생은 15건 있었다. 암모니아 생산, 저장 또는 운송시설에서 누출로 인한 흡입 및 피부노출에 의한 중독사례가 있었으며, 암모니아를 주성분으로 하는 비료를 주로 사용하는 농부에게서 발생하거나, 양돈 농가에서 가축의 분뇨가 썩는 과정에서 발생한 암모니아가 근로자가 슬러지를 제거하는 과정에서 노출되어 발생하였다²⁰⁾.

2009년 중국 제약회사 공장에서 액화 암모니아 가스를 내리던 트럭에서 노출된 암모니아로 100여명의 중독사례가 발생하였는데²¹⁾ 암모니아 생산, 저장 또는 운송시설에서의 누출로 인한 피부 노출사례는 국내에서도 다수 발생하였다. 기타 국내의 양돈 농가 슬러지 제거과정에서 발생한 황화수소 및

20) 돼지와 사람. 양돈현장. 27일 돈사 질식사고 원인은 암모니아와 황화수소. <http://www.pigpeople.net/news/article.html?no=3322>.

21) 한겨레. 중국, 암모니아 가스유출...100여명 중독. 2009.08.05. <https://www.hani.co.kr/arti/international/china/369616.html>

암모니아 동시 노출로 인한 사망사건, 2021년 6월 조선소 화장실에서 발생한 암모니아 및 황화수소에 의해 근로자가 1명 사망, 1명 중태에 빠진 사례가 있다.

국내 (주)원진레이온에서 1981년 최초로 이황화탄소 중독환자가 보고된 후 2010년까지 사망자 140명을 포함하여 940명이 이황화탄소 중독으로 진단되어 일개 회사에서 동일한 중독증이 가장 많이 발생하였고 결국 회사는 폐쇄되었다(임현술, 2015B). 이황화탄소 체내부하량의 최대 20%까지 피부로 흡수될 수 있어(산업안전보건연구원, 2020) 피부노출에 의한 중독 위험성이 크며 증기 노출의 유해·위험성 심각도가 「위험」 수준에 있다. 이황화탄소의 급성 건강영향은 피부 접촉시 2~3도의 화상을 유발할 수 있고 증기 흡입 시 두통, 구역, 혈압강하, 현기증과 함께 중추신경계증상으로 과도한 신경질증, 조절되지 않은 분노, 빠른 기분변화 편집증, 자살경향을 초래한다(산업안전보건연구원, 2020).

2022년 2월 창원 소재 전자제품 세척제에 함유된 트리클로로메탄에 의한 근로자 16명의 집단 독성간염 사례(안전보건공단, 2022)가 발생하였는데 트리클로로에틸렌의 중독사례와 유사하게 담금조에 근로자가 손을 담그는 형태거나 도구를 이용하여 넣었다 빼는 작업 형태였다.

덧붙여 이 물질은 사고조사 과정에서 해당 물질이 물질안전보건자료 항목에 기재되어 있지 않았던 문제만 아니라 최근 화학물질관리법(이하 화관법) 및 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(이하 화평법) 제정으로 2019년 유독물질로 지정되어 2022년 1월부터 규제가 강화된 디클로로메탄(0.1% 이상 함유)의 대체물질로 트리클로로메탄이 고려되었다는 점이다. 트리클로로메탄 10% 이상의 물질은 1997년 유독물질로 지정되어 이미 2015년 화관법, 화평법에 의한 규제 대상물질이었다²²⁾.

또한 트리클로로메탄은 급성 증기 흡입의 유해·위험 심각도로 보면 「위험」

22) 경남뉴스. '급성중독 세척제' 제조업체 유해물질 무허가 사용. 2022.02.28. <http://www.knnews.co.kr/news/articleView.php?idxno=1371055>(2022.11.30일 접근함)

수준에 있었던 반면 디클로로메탄(메틸렌클로라이드, 염화메틸)은 「경고」 수준이었을 뿐만 아니라, 표적 장기 반복 노출시 「위험」 수준으로 유해·위험성 심각도는 트리클로로메탄이 독성이 상대적으로 높았고 산업안전보건법상 노출기준으로 보면 트리클로로메탄이 10ppm이고 디클로로메탄이 50ppm으로 독성이 더 강함에도 불구하고 화학물질의 유해·위험성에 의한 심각성보다는 사업주의 사용에 영향을 미친 요소는 다가오는 환경규제 대상여부에 대한 관심사였다.

그러나 디클로로메탄이 상대적 독성이 약하다고 해서 현장에서 나타난 결과가 치명적이지 않은 것은 아니다. 디클로로메탄은 국내에서 2009년에 제약 회사의 산업폐수를 탱크로리로 운반 후 하차하는 공정에서 사망을 초래하였으며(정경숙 등 2인, 2009), 이후에도 2022년 3월 인천 소재 전자제품 분체도장 사업장의 세척조 청소를 하는 중 세척제로 사용되어 잔류하고 있던 디클로로메탄에 의한 급성중독으로 1명이 사망하였다. 측정 결과 세척조 내부농도 3,468ppm으로 생명에 위험하는 농도기준인 IDLH 2300ppm을 상회하였다(안전보건공단, 2022B).

1-브로모프로판은 2013년 7월부터 특별관리물질로 지정 관리된 물질로 산업현장에서는 금속 및 전자제품 세척용, 접착제 및 코팅제, 에어로졸 분사제나 드라이클리닝 용제로도 사용된다(안전보건공단 KOSHA, 2013). 2011년 미국 가구제조공장에서 분사형 접착제인 1-브로모프로판을 5년 동안 접착제로 사용한 근로자에서(여성, 45세) 다리를 절거나 척추와 다리 아래의 통증으로 20분 이상 서 있거나 앉아 일을 할 수 없는 신경독성사례가 발생하였고, 2008년 세탁업에 종사하던 근로자가(남성, 43세) 드라이클리닝 기기의 솔벤트를 퍼클로로에틸렌에서 DrySolv(1-브로모프로판이 95%이상 함유)로 대체하고 사용 중에 세탁 및 세척 작업 중에 두통, 메스꺼움, 어지럼증으로 병원에 실려가는 사례가 발생했다. 또한 2007년 미국 펜실베이니아 주 전자제품 제조공장에서 회로기판을 1-브로프로판으로 3년 동안 세척한 근로자(남성, 50세)에게서 발성장애, 어지럼증, 지각이상 및 운동실조증등의 증상이 발현되었

다. 회로기판의 세척방식은 분무 혹은 담금방식으로 이뤄졌다. 이 모든 사례에서 적절한 환기 및 적절한 보호구 착용은 이뤄지지 않았다. 1-브로모프로판은 1회 노출 혹은 반복노출로 인한 신경독성, 간독성의 심각도는 경고수준에 있으며 생식독성에 대한 유해위험성 심각도는 위험수준이다.

2000년 스테인레스 강관을 생산하는 안산 소재 금속업체에서 압연부서에서 근무했던 근로자가 니켈중독으로 인한 폐렴에 걸렸다²³⁾.

니켈카르보닐은 증기 흡입, 호흡기과민 반응의 유해위험성의 심각도가 위험수준에 있는 물질이나 니켈은 호흡기 과민반응을 제외하고는 유해위험성 심각도는 상대적으로 낮다. 니켈 및 무기화합물의 건강영향이 주로 발생하는 인체 장기는 폐이다.

비소는 준금속류로서 금속이 갖는 성질과 비금속이 갖는 성질을 동시에 갖고 있다. 비소의 독성은 순수한 금속 비소와 유기비소는 사실상 독성이 미약하나, 무기비소 특히 As₃₊의 삼산화비소 즉 아르신 가스는 급성신부전 및 심각한 빈혈과 같은 강력한 급성중독을 일으킨다(김양호 등 4인, 2004).

2005년 27세 남자 근로자가 아연 제련과정에서 부산물로 발생하는 카드뮴 회수를 위한 전해 공정에서 3일간 박리작업한 카드뮴 중 불량품을 용해 공정에 재투입하는 작업 시작 날부터 상복부 통증, 황달 및 식욕 저하가 발생해 병원응급실을 방문했는데, 당시 급성신부전과 중증도의 빈혈이 동반된 상태였다(Jeong K 등 6인, 2005). 2008년 반도체 연구실에서 가스를 다루는 기술자로 밀폐된 공간에서 가스 용기 교체 작업 중이었으며 아르신 가스를 다른 가스 용기로 오인하여 연결 작업 중에 밸브의 직경이 달라 누출된 아르신 가스에 중독되었다. 아르신 가스에 수분간 노출된 후 오심과 현기증을 느껴 외부로 나왔었고, 노출 후 30분이 지나 심한 상복부 통증, 오심, 구토 및 현기증이 발생하였으며, 1시간 뒤에는 육안적 혈뇨가 동반되어 용혈성빈혈과 급성신부전이 발생하였으며 혈액관류 및 수액요법으로 호전되었다(김선민 등

23) 동아일보. 니켈중독 폐렴환자 국내 첫 직업병 판정. <https://www.donga.com/news/Society/article/all/20000210/7507395/1>(2022.11.30일 접근함)

8인, 2008). 아르신은 반도체 도펀트로 사용되며 동일공정에 반도체 공정에서 사용되며 유사 독성을 가진 물질이 Stibine²⁴⁾이다.

비소 및 그 무기화합물은 급성경구중독, 가스나 분진형태의 흡입시 유해위험성 심각도는 위험수준인 물질로 삼산화비소와 같은 가스상 흡입시 유해위험성 심각도가 위험수준이다(표 I-2).

중대법 나열 화학 물질의 근로자에서 중독을 일으켰던 물질 중 HCFC-123(2,2-디클로로-1,1,1-트리플루오로메탄)은 할로젠 화합물로 17명의 근로자의 집단 간 손상이 1997년 보고된 물질²⁵⁾로 국내에서는 2017년 8월 경기도 안성 소재 소화기 제조사업장에서 소화약제 충전업무를 하는 근로자 2명의 급성독성간염사례가 보고되었다(안전보건공단, 2017D). 소화약제를 충전하는 공정에 환기장치도 설치되어 있지 않아 작업장 내부로 확산체류되고 있었으며 근로자 또한 별도의 보호구를 착용하지 않았다.

위의 물질은 건강유해성 분류상에 표적장기 1회나 반복노출로 인한 유해·위험성 심각도가 「위험」 수준에 있는 물질이며, 노출기준 제정물질이다²⁶⁾.

(2) 국내 중독유발 사례에서 나타난 위험직무 형태

세정 및 청소 등의 작업에서 세정제로 중독을 유발했던 물질은 노말렉산, 톨루엔, 트리클로로메탄, 디클로로메탄, 1-브로모프로판, 트리클로로에틸렌, 유기주석, 메탄올 등이었으며 직무 형태를 보면 형궐에 용제를 묻혀 사용하거나, 스프레이 형태로 뿌리거나, 담금 및 주입 형태로 이뤄지는 직무가 많았으며 손의 접촉이 예상되는 직무들이었다. 도장공정에서 독성을 유발했던 물질은 톨루엔과 아크릴아미드였는데 톨루엔은 밀폐공정에서의 작업, 아크릴아미드는 역분사에 의해 피부노출이 중독의 주요 원인이었다.

또한 혼합공정에서 발생한 물질에 의한 중독사례는 도금제 혼합과정에서

24) <https://haz-map.com/Agents/75>

25) https://www.chemicalbook.com/CASEN_306-83-2.htm

26) 산업안전보건연구원. <https://msds.kosha.or.kr/> 화학물질정보검색-MSDS검색(2022 11.30.접근함)

발생한 시안화수소, 메틸브로마이드에 의한 중독사례도 있었다.

수은, 납, 카드뮴, 베릴륨, 코발트 등과 같이 금속류에 의한 중독은 주로 에너지가 가해지는 절단, 용접, 그라인딩, 샌딩, 브레이징 등의 작업 중에 발생하며 아크릴로니트릴 같이 인두를 이용한 조립 과정에서 발생하여 독성을 일으켰다.

노출저감장치가 없는 장소에서 운반이나 주입 혹은 교체과정에서 중독을 유발했던 물질은 메틸브로마이드, 디메틸포름아미드, HCFC-123, 아르신 가스에 의한 중독이었다. 탱크로리 상하차 등 노출 저감을 위한 공학적 제어가 있는 상태에서의 관 등의 용기에의 누출 관련 사고를 유발했던 물질은 암모니아, 디클로로메탄이었다. 사례에서 보호구를 착용하고도 중독에 이른 사례도 있어 적정 보호구 착용 중요성도 시사하고 있으며, 대부분의 작업 형태가 환기나 공학적 제어가 용이하지 않는 세정 및 청소, 용접 등의 이동형작업이었다는 점이다.

〈표 Ⅲ-2〉 중대법 나열물질별 유해·위험성의 심각도

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
메탄올	위험	위험	위험			위험		경고				위험	위험			
디메틸포름아미드	위험		위험					경고				경고	경고	위험	위험	
트리클로로에틸렌							경고	경고			경고	경고		위험		경고
아크릴로니트릴	위험	위험	위험	위험		위험	경고	위험			경고	경고				
베릴륨및그화합물	위험	위험			위험		경고	경고	위험		경고	경고	위험	위험		
벤조트리클로라이드	위험	경고	위험					위험			경고	경고		위험		
아크릴아미드	위험	경고				경고	경고	경고			경고			위험		위험
브롬화메틸	위험	위험		위험		위험	경고					경고				경고
수은및그화합물 (수은)	위험		위험								경고		위험		위험	경고
알릴글리시딜에테르	위험	경고	위험				경고	위험			경고	경고		경고	경고	경고
니켈카르보닐			위험				경고	위험	위험		경고	경고	위험	위험	위험	경고
n-헥산	위험									위험		경고	위험		경고	
시클로헥사논	위험	경고			경고	경고	경고	위험			경고	경고	경고			
글루타르알데히드		위험	위험				위험	위험	위험		경고	경고				

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
황산디메틸		위험		위험			위험	위험			경고	경고		위험		경고
코발트 및 그무기화합물(코발트)		경고			위험			경고	위험		경고	경고		위험	위험	경고
벤젠	위험						경고	경고		위험		위험	위험	위험		위험
톨루엔							경고			위험		경고	경고		경고	
암모니아				위험			위험	위험	위험			위험	경고			
톨루엔-2,4-디이소 시아네이트			위험				경고	경고	위험		경고	경고		경고		
톨루엔-2,6-디이소 시아네이트			위험				경고	경고	위험		경고	경고		경고		
헥사메틸렌디아민 시아네이트		경고	위험			위험	경고	경고	위험		경고	경고				
스티렌	위험		경고				경고	경고		위험		경고	위험	경고	경고	경고
황화수소				위험				경고								
디에틸렌트리아민		경고	위험			경고	위험	위험			경고	경고				
히드라진		위험	위험				위험				경고	경고		위험		
테레빈유		경고	경고				경고	경고		위험	경고	경고				
트리클로로메탄		경고	위험				경고	경고				경고	위험	경고	경고	

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
디클로로메탄							경고	경고				위험	경고	위험		경고
아닐린및그동족체	위험	위험	위험			위험		위험			경고		위험	경고		경고
펜타클로로페놀	위험	위험			위험	위험	경고	경고				경고		경고		
사염화탄소	위험	위험	위험			위험					경고	경고	위험	위험	경고	
포스겐				위험			위험	위험				위험	위험			
에틸렌이민	위험	위험	위험			위험	위험	위험						위험		위험
1,2,3-트리클로로 프로판	위험	위험	위험			위험		경고				경고	경고	위험		경고
p-디히드록시벤젠		경고						위험			경고	경고	경고	경고		경고
시아나화나트륨		위험			위험	위험									경고	
황산					위험		위험	위험				위험		위험		
메틸렌비스(페닐이 소시아네이트)					경고		경고	경고	위험		경고	경고	경고	경고		
N,N-디메틸아닐린	위험	경고	위험			경고		경고				경고	경고	경고		
1,1,2,2-테트라클로로에탄	위험	위험	위험				경고	경고				경고	경고	경고		
불화수소	위험	위험		위험		위험	위험	위험								
무수프탈산		경고						경고	위험		경고	경고				

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
에틸아크릴레이트		경고	위험			경고	경고	경고			경고	경고				
에피클로로히드린	위험	위험	위험			위험	위험	위험						위험	경고	
카드뮴및그화합물		위험		위험	위험								위험	위험	경고	경고
포름알데히드		위험	위험		위험	위험	위험	위험			경고			위험		경고
이산화질소				위험			위험	위험				경고				
디에탄올아민	위험	경고					경고	경고				경고	경고	경고		
시클로헥사놀	위험	경고			경고		경고	경고				경고				
아세트니트릴	위험	경고						경고				경고				
o-디클로로벤젠		경고					경고	경고			경고	경고				
시클로헥센		경고					위험			위험		경고				
에틸렌클로로히드린		위험	위험			위험		위험				경고				
요오드및요오드화물		경고			경고	경고	경고	경고			경고	경고	위험			
β-프로피오락톤		위험	위험	위험			경고	위험				경고		위험		
오존				위험			경고	경고				경고				경고
이황화탄소	위험		위험					경고					위험		경고	
크실렌			경고			경고	경고	경고		위험		경고	위험			

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
염소		경고		위험			위험	위험				경고	경고			
1,4-디옥산	위험						경고	경고				경고		경고		
개미산		경고	위험				위험	위험				위험	경고			
프로필렌이민		위험	위험			위험	경고	위험				경고		위험		
브롬			위험				위험	위험				경고				
삼산화비소		위험						위험				경고		위험		
스토다드솔벤트							경고			위험		경고	위험	위험		위험
페놀	위험	위험			위험	위험	위험	위험					경고			경고
메틸n-부틸케톤							경고	경고		경고		위험	위험		경고	
일산화탄소				위험									위험		위험	
1,2-디클로로프로판		경고	위험											위험	경고	
시아나화칼슘		위험						경고				경고				
에탄올아민		경고	경고			경고	위험	위험				위험	위험			
초산						경고	위험	위험				위험				
트리에틸아민	위험	경고	위험			위험	위험	위험								
시클로헥산							경고			위험		경고				

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
n-헵탄							경고			위험		경고				
무수말레산		경고			경고		위험	위험	위험		경고		경고			
오산화바나듐		위험			경고			위험				경고	위험	경고	경고	경고
주석및그화합물												경고	위험			
시아화수소		위험				위험						위험	위험			
1,1,2-트리클로로 에탄	위험	경고	위험									경고		경고		
2-부톡시에탄올	위험	경고	위험				경고	경고						경고		
2-디에틸아미노에 탄올		경고	위험			경고	위험	위험				경고				
디에틸아민		경고	경고			위험	위험	위험				경고				
메틸아민		위험	위험				위험	위험				경고				
에틸아민		경고				위험	위험	위험				경고				
크레졸		위험				위험	위험	위험				경고				
브롬화수소		위험	위험				위험	위험				경고	경고			
염화수소		위험		위험			위험	위험				경고				
2-에톡시에틸아세	위험	경고	경고			경고						경고			위험	

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
테이트																
1,2-에폭시프로판		경고	위험			경고	경고	경고				경고		위험		위험
1,2-디클로로에탄		경고	위험				경고	경고				경고		위험		경고
2,3-에폭시-1-프로판올		경고	위험			경고	경고	경고				경고		위험	위험	경고
산화에틸렌		위험		위험			경고	경고				경고		위험		위험
니켈및그무기화합물 (니켈)									위험		경고	경고	위험	경고		
크롬및그무기화합물 (크롬)									위험		경고	경고				
크롬산아연									위험		경고	경고		위험		
일산화질소				위험								위험				
에틸렌글리콜		경고					경고	경고				경고	경고			
디메틸아민		경고	경고				위험	위험				경고	경고			
n-부탄올							경고	경고		경고		경고				
아세톤								경고		경고		경고				
요오드화메틸		위험	위험				경고	경고				경고	경고	경고		
이소프로필알코올								경고		경고		경고				

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
테트라히드로푸란		경고						위험				경고		경고		
과산화수소		경고	경고				위험	위험				경고		경고		
콜타르		경고					위험	위험				경고	경고	위험		
불소				위험			위험	위험								
포스핀				위험			위험	위험								
아세트알데히드		경고						경고				경고		위험		경고
콜타르피치취발물											경고	경고		위험	위험	위험
메틸이소부틸케톤			경고					경고				경고		경고		
메틸클로로포름			경고				경고	경고				경고				
o-메틸시클로헥사논		경고	경고			경고		경고				경고				
에틸벤젠			경고							위험		경고	경고	경고		
이소부틸알코올							경고	위험				경고				
이소아밀알코올			경고				경고	경고				경고				
이소프로필아세테이트								위험				경고				
클로로벤젠		경고					경고	경고				경고	경고	경고		
1-브로모프로판							경고	경고				경고	경고	경고	위험	

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
가솔린										위험		경고		위험		위험
마젠타							경고	경고				경고	경고	위험		경고
메틸아세테이트								경고				경고				
메틸에틸케톤								경고				경고				
2-부탄올								경고				경고				
에틸아세테이트								경고				경고				
퍼클로로에틸렌							경고					경고		위험		
n-프로필아세테이트								경고				경고				
2-에톡시에탄올	위험	경고	위험												위험	
비소밋그무기화합물		위험		위험	위험		경고	위험						위험		경고
황화니켈류					위험						경고		위험	위험		경고
납밋그무기화합물(납)													위험	위험	위험	경고
p-니트로아닐린	위험	위험				위험							경고			
아크릴산		경고	위험			위험	위험	위험								
인산					위험		위험	위험								
질산			위험				위험	위험								

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
이산화황				위험			위험	위험								
p-디메틸아미노아 조벤젠		위험					경고	경고						위험	경고	경고
2-메톡시에탄올	위험	경고	경고			경고							경고		위험	
N,N-디메틸아세트 아미드			위험			경고		경고						경고	위험	
2-메톡시에틸아세 테이트		경고	위험					경고							위험	
4,4'-메틸렌 비스 (2-클로로아닐린)	위험	경고												위험		경고
황화니켈					경고						경고		위험	위험		경고
망간및그무기화합물 (망간)												위험	위험		위험	
니트로글리세린	위험	경고											경고			
셀레늄및그화합물 (셀레늄)		위험		위험	위험							경고	경고			
염소화비페닐 (53469-21-9)		경고				위험						경고				
염소화비페닐 (11097-69-1)		경고				위험						경고		경고		
무수초산		경고	경고				위험	위험								

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
수산화나트륨		경고					위험	위험								
수산화칼륨		경고					위험	위험								
디클로로벤지딘밋염											경고			위험		경고
사알킬납		위험	위험			위험									경고	
디에틸에테르		경고										경고				
시아노화칼륨		위험			위험	위험							위험			
비닐아세테이트			경고									경고		경고		
피리딘		경고	경고			경고						경고		경고		
구리		경고										경고				
1,2-디클로로에틸렌		경고						경고								
메틸n-아밀케톤		경고	경고				경고									
메틸시클로헥사놀		경고					경고	경고								
지르코늄밋그화합물 (지르코늄)					경고			경고								
트리클로로아세트산							위험	위험						경고		
삼수산화비소				위험									경고	위험		

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부와 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
비스(클로로메틸) 에테르		위험	위험		위험	위험								위험		
아우라민		경고					경고							경고		
클로로메틸 메틸 에테르		경고	경고	위험										위험		
1,3-부타디엔												경고	경고	위험		위험
디이소부틸케톤												경고				
디클로로플루오로메탄												경고				
n-부틸아세테이트												경고				
이소부틸아세테이트												경고				
이소아밀아세테이트												경고				
산화철												경고	위험			
인듐및그화합물 (인듐)												경고	위험			
은및그가용성화합물 (은)												경고				
바륨및그가용성화합 물(바륨)							경고	경고								
백금및그가용성염 (백금)							경고	경고								

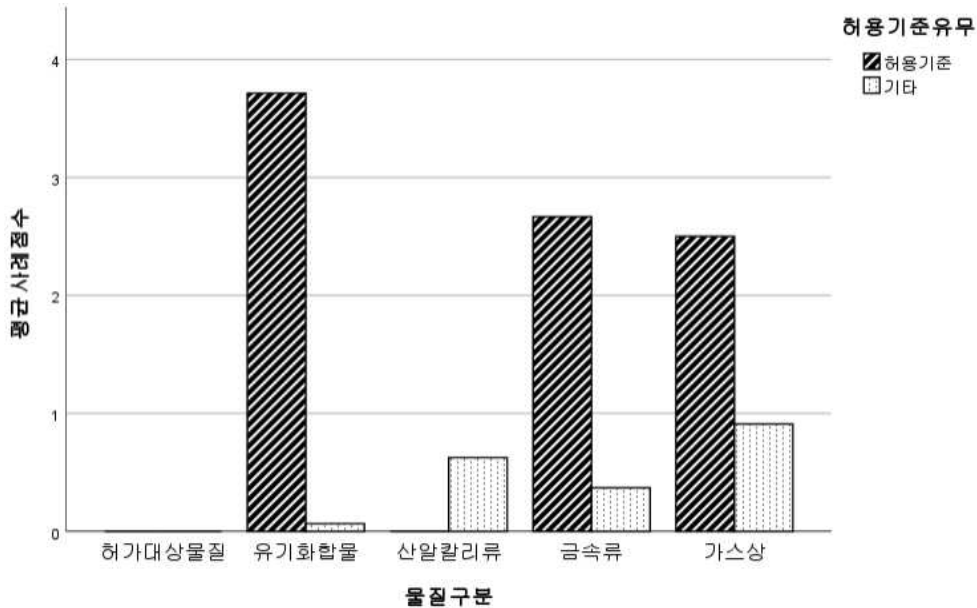
물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부과 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
α -나프틸아민및그염		경고			위험	위험								경고		
디니트로톨루엔		위험	위험			위험							경고	위험	경고	경고
니트로벤젠		경고	위험			위험							위험	경고	경고	
o-프탈로디니트릴		위험				경고										
p-니트로클로로벤젠		경고				경고							경고	경고	경고	경고
니트로메탄		경고												경고		
메틸클로라이드		경고	경고										경고	경고		
2-부톡시에틸아세테이트		경고				경고								경고		
에틸렌글리콜디니트레이트		경고											경고			
디아니시딘및그염		경고												위험		
o-톨리딘및그염		경고												위험		
β -나프틸아민		경고												위험		
벤지딘		경고												위험		
2-브로모프로판													경고		위험	
염화비닐														위험		경고

물질명	단기영향												만성영향			
	SKIN*	급성 경구	급성흡입			급성 경피	피부 부식 및자극	심한눈 손상 및자극	호흡과 민	흡인유 해	피부과 민	표적 장기 1회	표적장 기반복	발암성	생식 독성	생식세포 변이원성
			증기	가스	분진											
1,1-디클로로-1-플루오로에탄																
산화마그네슘																
산화아연																
안티몬 및 그화합물																
알루미늄 및 그화합물													경고			
이산화티타늄														경고		
텅스텐및그화합물																
크롬광가공																
6가 크롬														위험		

* “SKIN” 표시는 1961년 미국산업위생협의회가 '액체 화합물이 손상되지 않은 피부에 침투하여 전신 효과를 일으킬 수 있음'을 나타내기 위해 처음 사용함(ACGIH. (1984) Threshold Limit Values—discussions and thirty-five year index with recommendations. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

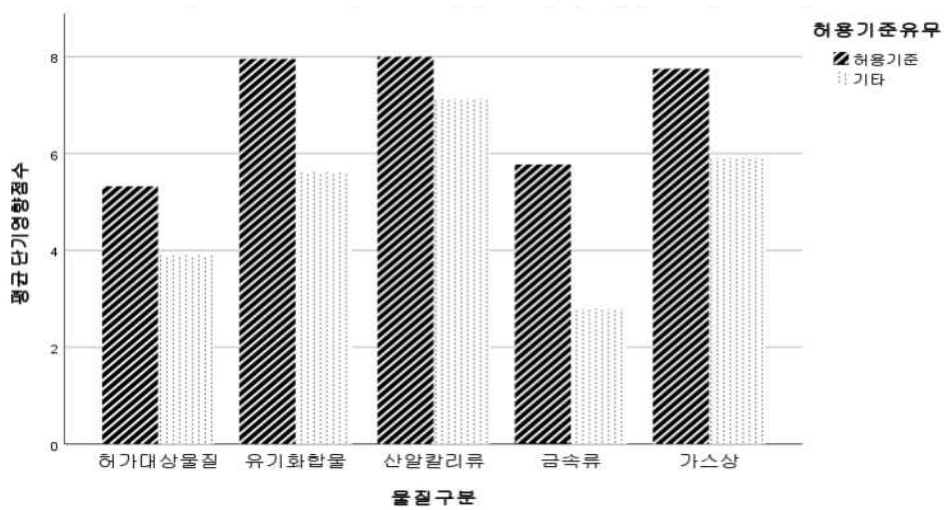
(3) 허용기준별 물질구분별 위험도 차이

사례 점수는 유기화합물, 금속류, 가스상물질로 허용기준 물질이 기타 물질에 비해 높았다. 허용기준 물질의 유기화합물은 급성 중독질환 사례점수가 상대적으로 가장 높았다.



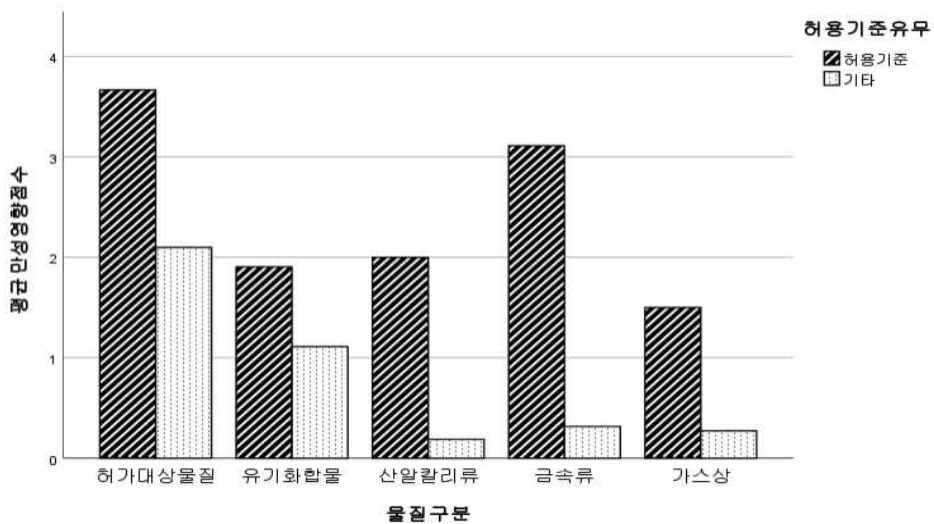
[그림 III-1] 허용기준 여부 및 물질구분별 평균사례점수 차이

최근 20년간 국내 급성중독 사례 점수가 할당된 물질은 총 23종인데 메탄올, 브롬화메틸, 카드뮴 및 그 화합물, 디메틸포름아미드, 시안화나트륨, 트리클로로에틸렌, 일산화탄소, 1,2-디클로로프로판, 황화수소, 톨루엔, 암모니아, 아르신의 사례점수가 높았다. 트리클로로메탄, 아크릴아미드, 수은화합물, 노말헥산, 디클로로메탄, 주석화합물, 납화합물, 이산화질소, 베릴륨, 1-브로모프로판, 니켈중독의 가역적 특성으로 그 다음 점수로 할당되었다.



[그림 III-2] 허용기준 여부 및 물질구분별 평균 단기영향점수 차이

단기영향점수는 물질구분별 분류 모두에서 허용기준물질이 상대적으로 높았으며, 금속류의 상대적 위험도가 가장 높았다.



[그림 III-3] 허용기준 여부 및 물질구분별 평균 만성영향점수 차이

허용기준 물질의 만성영향점수는 기타 물질에 비해 모든 물질구분에서 높았으며, 산알칼리류, 금속류, 가스상물질, 허가대상물질, 유기화합물 순으로 상대적 차이가 높았다.

특이한 것은 중대법에 반복적으로 나열된 트리클로로에틸렌을 포함하여 일산화탄소, 1,2-디클로로프로판, 황화수소의 단기영향총점수는 다른 물질에 비해서 상대적으로 낮았으며 노말헥산, 디클로로메탄, 톨루엔, 주석화합물, 납 무기화합물 또한 단기영향 점수가 상대적으로 낮았다.

선정된 사례점수는 최근의 급성중독사례 중심으로 할당되었음에도 불구하고 단기영향점수와는 유의미하지 않았으나($p=0.680$) 만성영향점수와는 유의미한 상관성을 보였다($p=0.004$).

2. 밀폐공간 중독 및 사망 건수로 본 위험직무

2010~2021년도에 발생한 총 224건의 밀폐공간 재해 중 재해 당시 직무가 명확하지 않은 10건을 제외한 214건을 분석하였다. 직무는 ECHA 공정분류체계로 분류하였다. 직종은 7차 한국표준직업분류를 사용하였다.

(1) 밀폐사고 사례에서의 위험직무 (발생 건수)

공정 중 기타공정으로 분류된 건이 128건으로 가장 많았으며, 기타 중에는 감독/관리, 청소, 양생작업의 순으로 발생건이 많았다. 그 다음으로는 기계유지보수등의 작업, 비지정장소에서의 혼합물질의 운반에서 다수 발생하였고, 용접 및 절단과 같은 금속과 관련된 고온 작업 순으로 발생 건수가 많았다.

〈표 Ⅲ-3〉 밀폐공간 중독사고의 ECHA의 공정 분류

ECHA 공정(직무)		건 수	퍼센트
기타 (128, 59.9%)	감독/관리	50	23.4
	청소	48	22.4
	양생	21	9.8
	측정	2	0.9
	매설	2	0.9
	보양	1	0.5
	잠수	1	0.5
	전기	1	0.5
	채굴	1	0.5
	철거	1	0.5
소 계		128	59.9
기계유지보수(청소/보수-수동작업)		38	17.8
비지정 장소에서 단일/혼합물질의 운반(주입/배출)		20	9.3
그밖에 금속과 관련한 고온 작업		11	5.1
산업스프레잉 작업		7	3.3
물질 또는 제품에 높은(기계)에너지를 가하는 작업		5	2.3
배치공정에서의 혼합 또는 배합		2	0.9

(2) 직종별 직무 위험

사고 건수가 가장 많았던 직무는 청소원, 전자제품 기계 설치 및 정비원, 상하수배관공, 콘크리트타설원 등의 순이었다(표 III-4).

〈표 III-4〉 밀폐공간 중독사고 다발* 직종의 직무(ECHA 공정)별 발생 장소

직종(건수)	ECHA 공정(건수)		발생장소 (건수)
그 외 청소원 (37)	기타	청소(37)	오폐수처리장·정화조(11) 저장용기(10건) 축분처리시설(8건) 그 외 맨홀 등(8건)
전자 제품 기계 설치 및 정비원 (30)	기계 유지보수(청소/보수)-수동작업(12)		오폐수처리장·정화조(7) 저장용기(6) 맨홀(6) 기계설비(5) 그 외 반응기 등(6)
	기타	감독·관리(12)	
		청소(4)	
		전기등(2)	
상하수배관공 (23)	기타	감독·관리(13)	맨홀(11) 배관내부(6) 건설양생현장(3) 그 외 오폐수처리장 등(3)
		기계유지보수(청소/보수-수동 작업)(5)	
		매설 등(3)	
		미분류(2)	
콘크리트타설 원(23)	기타	양생(21)	건설양생현장(23)
		파쇄(1)	
		미분류(1)	
폐기물처리시 험원(12)	기타	청소(6)	오폐수처리장·정화조(10) 음식물처리장(1) 기타 폐기물운반차량(1)
		샘플 채취등(4)	
		미분류(2)	
가스용접원(1 0)	그 밖에 금 속과 관련 한 고온 작 업	용접(8)	배관내부(6) 선박내부(2) 기계설비(1) 음식물처리장(1)
	기계 유지보수(1)		
	기타	감독·관리(1)	

*10건 이상 발생, ECHA 공정에서의 기타에서의 세부 공정명은 별도로 우리 연구진이 지칭한 명칭임

청소원의 경우 오폐수처리장 혹은 축분처리시설 등에서 황화수소 중독에 의한 사고가 18건으로 가장 많았으며 맨홀과 물탱크 내에서 일산화탄소 중독이 7건, 저장용기 등에서 산소 결핍으로 인한 사고가 6건으로 많이 발생하였다.

전자 제품 기계 설치 및 정비원의 경우 오폐수처리장·정화조에서 황화수소 중독에 의한 사고가 10건, 저장용기 및 반응기에서 질소에 의한 산소결핍이 8건, 그 외 맨홀에서 산소결핍에 의한 사고가 5건이었다.

상하수배관공은 맨홀 내 산소결핍에 의한 사고가 11건, 황화수소에 의한 중독이 5건 순으로 높았다.

콘크리트타설원은 23건 중 22건이 양생작업 중 갈탄, 숯탄 등을 보충 하다가 일산화탄소에 의해 중독된 건이며, 1건은 파쇄작업 중 산소결핍에 의한 것이었다.

폐기물 처리 시험원의 경우 12건 중 10건의 재해가 오폐수처리장에서 청소를 하다가 황화수소에 의한 것이었다.

가스 용접원의 경우 10건 중 8건이 배관이나 선박 내부에서 용접으로 아르곤에 의해 산소가 결핍되어 일어난 사고였다.

밀폐공간 사고가 가장 많이 발생한 장소는 오폐수처리장·정화조(44건, 19.6%), 저장 용기(35건, 15.6%), 맨홀(29건, 12.9%), 건설양생현장(27건, 12.1%) 순이었다.

(3) 밀폐공간 재해 원인물질

재해의 원인으로는 황화수소(60건, 26.8%), 일산화탄소(55건, 24.6%), 산소결핍(47건, 21.0%), 질소(21건, 9.4%), 아르곤(15건, 6.7%) 순으로 높았다(표 III-5). 황화수소와 일산화탄소로 인한 질식 재해는 전체의 50% 이상을 차지하고 있으며, 두 물질은 2010년부터 2021년간 매년 2건 이상의 사고의 원인이었다.

〈표 III-5〉 유해인자별 밀폐공간 재해 건 수

재해원인 유해인자	기타	기계 유지 보수 (청소/ 보수- 수동 작업)	비지 정 장소 에서 단일/ 혼합 물질 의 운반 (주입/ 배출)	그밖 에 금속 과 관련 한 고온 작업	산업 스프 레이 작업	물질 또는 제품 에 높은 (기계) 에너 지를 가하 는 작업	배치 공정 에서 의 혼합 또는 배합	합계
총 합계	131	38	20	11	7	5	2	214
황화수소	41	12	4		1			58
일산화탄소	36	2	9	1		4		52
산소결핍	25	11	7			1		44
질소	13	5		1	1		1	21
아르곤	3	2		9				14
유기용제	3	1			5			9
이산화탄소	5	2						7
기타 유독가스		1					1	2
가솔린	1							1
기타(SF6)		1						1
기타(아질산나트륨)	1							1
기타(질산)	1							1
메틸렌클로라이드	1							1
벤젠/톨루엔/크실렌				1				1
아크릴로니트릴	1							1

(4) 업종-공정별 밀폐공간 재해 건수

업종별 밀폐공간 중독사고는 건설업(90건, 40.2%), 제조업(66건, 29.5%), 기타의 사업(42건, 18.8%)순이었다.

건설업 90건의 사고에서는 기타(양생)(21건, 23.3%), 기계 유지보수(청소/보수-수동작업)(16건, 17.8%), 기타(감독/관리)(14건, 15.6%) 공정 순으로 높았다. 기타(양생) 공정 21건 모두 직무는 콘크리트 타설원이었으며 원인이 되는 유해인자는 일산화탄소로 동일했다. 기계 유지보수 공정은 직무와 발생 장소, 유해인자가 다양했으며 어느 한쪽의 수가 많거나 치우치지 않았다. 기타(감독/관리) 공정의 경우 14건 중 9건이 산소 결핍에 의한 것이었으며 6건이 맨홀, 3건이 건설양생현장에서 발생하였다.

제조업 66건의 사고에서는 기타(청소)(18건, 27.3%), 기타(감독/관리)(16건, 24.2%), 기계 유지보수(13건, 19.7%)의 공정 순으로 높았다. 기타(청소) 공정의 재해 발생 장소는 저장용기 9건, 오폐수처리장·정화조 5건 순으로 높았으며 유해인자는 황화수소 6건, 일산화탄소 3건 순으로 높았다. 기타(감독/관리) 공정의 경우 발생장소는 저장용기 4건, 오폐수처리장·정화조 3건, 선박 내부 3건 순으로 높았으며 6건의 직무가 전자제품기계설치 및 정비원, 3건이 공업기계 설치 및 정비원 순으로 높았다. 원인으로서는 질소에 의한 산소결핍이 6건, 그 외의 가스로 인한 산소결핍이 4건으로 높았다.

기타의 사업은 건물 등의 종합관리사업 5건, 하수도업 2건, 사업서비스업 2건 등이었으며 기타(감독/관리)(16건, 38.1%), 기타(청소)(11건, 26.2%)순으로 높았다. 재해자는 주로 유해물질을 직접 사용하지는 않았으나 설비의 오작동, 민원 처리, 점검 등을 위해 주업무공간이 아닌 다른 장소에 들어갔다가 황화수소 중독 혹은 산소결핍이 되었다.

3. 화학물질 산재사고에서 나타난 급성중독위험직무

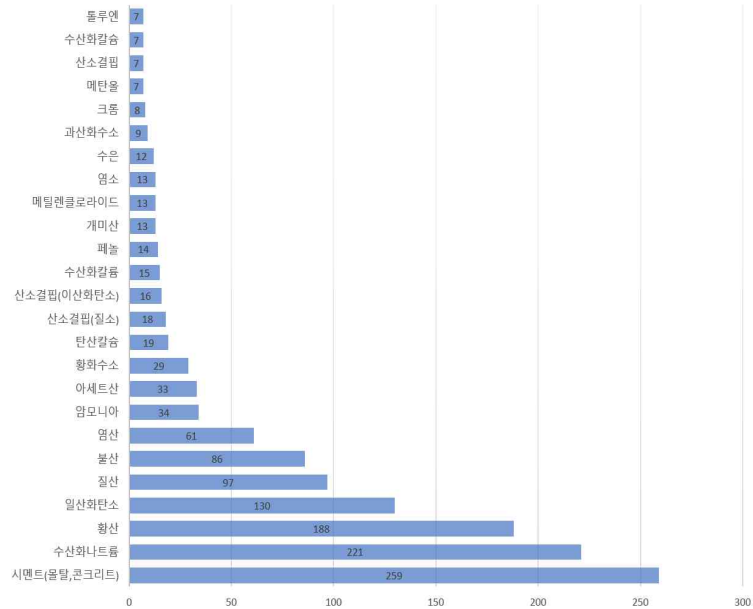
1) 화학물질 산재사례의 일반적 특징

화학물질 누출, 산소결핍으로 분류된 2012~2021년까지의 자료가 3,074건이나 재해년도 기준으로 정리, 근로손실일수의 이상치를 제거해서 정제된 자료가 3,040건이었다. 본 자료의 특성은 다음과 같다.

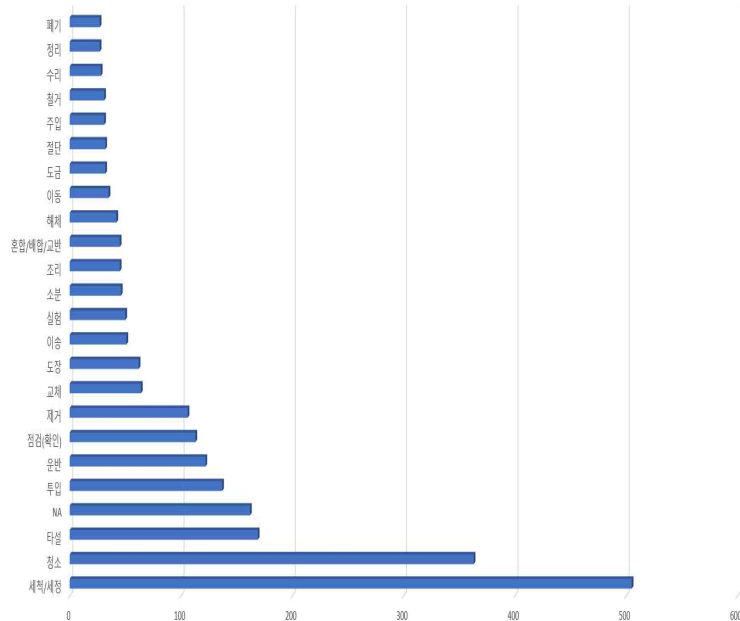
- 매년 250건 이상의 화학물질 누출 및 중독사고가 발생하고 있으며 2012년, 2018년도 300건을 초과하였다.
- 화학물질 산재사고 건수는 남성에서 월등히 많이 발생하였다
- 제조업, 기타의 사업, 건설업에서 발생건수가 많았다.
- 직종별 추이에서 단순노무종사자 발생 건수가 가장 많았다.
- 중장년층의 비율이 높았다.
- 건설업에서 비정규직 비율이, 제조업에서 정규직의 근로손실일수가 가장 높아 사고 위험도의 업종별 차이가 있었다.
- 남성에서는 제조업, 건설업 기타사업의 순으로, 여성에서는 기타사업에서의 근로손실일수가 높았다.
- 단순 노무 종사자는 제조업, 건설업, 기타의 사업 모두에서 근로손실일수가 높은 반면, 제조업에서 장치기계조작 근로자, 건설업에서는 기능종사자, 기타의 사업에서는 서비스 종사자가 그 뒤를 이었다.
- 직종별 성별 근로손실일수에 분포에 차이가 있었다.
- 화학물질 사고시 남성에서의 근로손실일수가 여성에 비해 상대적으로 높게 나타남
- 화학물질 사고시 직종별 근로손실일수에 차이가 거의 없었다.
- 광업에서의 평균근로손실일수가 100일을 초과한 것을 제외하고 100일 이하로 큰 차이를 보이지 않음
- 사고부상자로 분류된 사건보다 중독으로 분류된 질병이환자의근로손실이 높다
- 제조업에서는 남성의 근로손실일수가 높고, 건설업에서는 여성에서의 근로손실일수가 높음

- 직종별 성별 근로손실일수의 차이는 장치 및 기계조작 및 조립종사자에서 두드러졌다.
- 서비스 종사자에서의 근로손실일수가 가장 낮게 나타났다.
- 연령별 근로손실일수의 차이는 나타나지 않았다.
- 사고부상자로 분류된 사건보다 중독으로 분류된 질병이환자의 근로손실이 높다
- 제조업에서는 남성의 근로손실일수가 높고, 건설업에서는 여성에서의 근로손실일수가 높다.
- 화학물질 중독 및 사고 다발물질 상위 25%는 다음과 같으며 탄산칼슘이 주를 이루는 시멘트, 수산화나트륨, 황산, 일산화탄소, 질산, 불산의 순으로 발생하였고(그림), 다발 공정은 세척 및 세정, 청소, 타설작업의 순으로 높았다(그림).
- 음독사례는 총 104건이었다.

중대재해처벌법 시행에 따른 급성중독 위험직무 예측



[그림 Ⅲ-4] 중독사고 다발물질 상위 25%



[그림 Ⅲ-5] 중독사고 다발직무 상위 25%

2) 화학물질 특정 사례의 공정별, 물질별 위험도

화학물질 관련 산재사례의 재해개요를 참조로 ECHA의 공정분류체계로 분류가능하고 중독원인물질이 확인된 1,675건의 **사례**를 분석한 결과 기타 공정을 제외하고 비지정 장소에서의 운반(주입이나 배출)시의 사고가 가장 많았고, 기계유지 및 청소 보수작업이 그 뒤를 이었다. 위험도 산정에 사용된 근로손실일수는 사망일 때 7,500일로 기록된다.

〈표 III-6〉 화학물질 산재사례에서 나타난 공정 유형별 분포

ECHA 공정분류		중독 및 사고원인 물질	기타	총계
공정코드	공정명	831	844	1675
PROC8A	비지정 장소에서 단일/혼합물질의 운반(주입/배출)	118	222	340
PROC_0	기타	235	91	326
PROC28	기계유지보수(청소/보수) -수동작업	141	69	210
PROC21	적은에너지로물질조작/취급	66	85	151
PROC19	손이접촉되는수작업	40	97	137
PROC_13	담금및주입방식으로제품 취급	36	100	136
PROC_15	실험실시약으로사용	46	62	108
PROC_8B	지정장소에서의단일/혼합 물질의운반(주입/배출)	34	47	81
PROC_24	물질또는제품에높은(기계) 에너지를가하는작업	46	7	53
PROC_7	산업스프레잉작업	18	9	27
PROC_25	그밖에 금속과 관련한 고온작업	14	8	22
PROC_10	롤러및브러시작업	14	6	20
PROC_9	작은용기로의	6	13	19

ECHA 공정분류		중독 및 사고원인 물질	기타	총계
	단일/혼합물질의운반(계량을포함한지정된충전라인)			
PROC_11	비산업스프레잉작업	4	11	15
PROC_5	배치공정에서의혼합또는 배합	3	7	10
PROC_4	노출이발생할우려가있는 화학물질생산공정	4	0	4
PROC_22	상당히상승한온도에서의 미네랄과금속제조및가공	2	1	3
PROC_14	정제, 압축, 압출, 펠렛화, 그래놀화	0	2	2
PROC_20	작은기기에서기능성액체 사용	1	1	2
PROC_3	통제가능한간헐적노출가 능성이있는화학산업에서 밀폐된배치공정에서의생 산또는조제또는동등한용 기조건에서의공정	0	2	2
PROC_6	롤러성형작업	1	1	2
PROC_1	노출 가능성이 없는 밀폐된공정에서화학물질 생산	1	0	1
PROC_16	연료로사용	1	0	1
PROC_2	통제가능한간헐적노출가 능성이있는밀폐된연속공 정에서화학물질생산및정 제하거나또는동등한용기 조건에서의공정	0	1	1
PROC_23	상당히상승한온도에서의 열린공정및운반공정	0	1	1
PROC17	금속가공공정내높은에너 지조건에서유회작업	0	1	1

화학물질 중독 및 사고를 가장 많이 일으킨 물질 중 유해위험도 심각도 등 중독사고 위험도가 높은 68종의 물질별 발생 건수는 황산, 일산화탄소, 불산, 황화수소, 이황화탄소, 암모니아 순으로 이들의 점유율은 78.4%이다.

〈표 Ⅲ-7〉 중대법 중독 및 사고위험물질 상위 68종의 산재건수

물질	빈도	퍼센트
전체	831	100.0
황산	218	26.2
일산화탄소	187	22.5
불산	118	14.2
황화수소	50	6.0
이황화탄소	43	5.2
암모니아	36	4.3
메탄올	16	1.9
염소	15	1.8
톨루엔	15	1.8
황화수소/암모니아	14	1.7
수은	13	1.6
크롬	12	1.4
트리클로로에틸렌	12	1.4
디이소시아네이트	7	0.8
디클로로메탄	7	0.8
망간	5	0.6
크롬산	5	0.6
카드뮴	4	0.5
납	3	0.4
메탄/황화수소/암모니아	3	0.4
디메틸포름아미드	2	0.2
메틸브로마이드	2	0.2
무수크롬산	2	0.2
백린	2	0.2
벤젠	2	0.2

물질	빈도	퍼센트
불화수소	2	0.2
산화에틸렌	2	0.2
스토다드용제	2	0.2
염소산	2	0.2
오존	2	0.2
페놀/클로로포름	2	0.2
포름알데히드	2	0.2
포스겐	2	0.2
헥산	2	0.2
니켈	1	0.1
말레인산	1	0.1
메틸렌디페닐이소시아네이트	1	0.1
비소/갈륨	1	0.1
삼산화비소	1	0.1
아닐린	1	0.1
에피클로로히드린	1	0.1
염산/황산	1	0.1
염화메틸렌	1	0.1
이산화염소	1	0.1
이산화질소	1	0.1
질산/과산화수소/황산	1	0.1
코발트	1	0.1
크롬액	1	0.1
크실렌	1	0.1
톨루엔/헥산)	1	0.1
포르말린 크레졸	1	0.1
황산/염산	1	0.1
황산/인산/과망간산칼륨	1	0.1
황산/질산	1	0.1

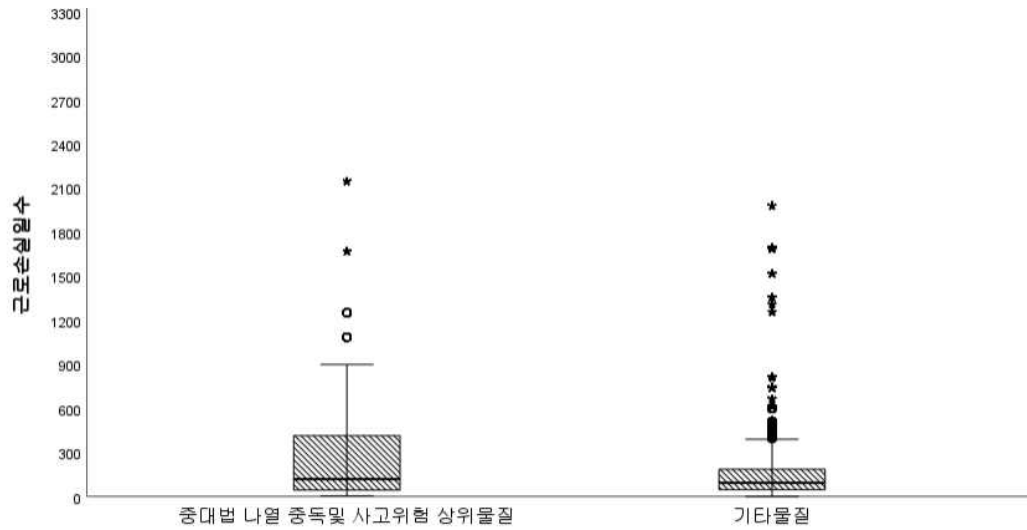
화학물질 산재건수 중 중대법 상위 중독 및 사고 위험물질 68종의 기타 물질 중 산재를 가장 많이 유발한 물질은 수산화나트륨, 질산, 염산 순이었으며 저산소를 유발한 질소, 이산화탄소, 아르곤이 다발 건수로 관측되었다.

〈표 Ⅲ-8〉 상위물질외 기타 물질과 관련된 산재건수

물질명	빈도	퍼센트
전체	844	100.0
수산화나트륨	272	32.2
질산	117	13.9
염산	79	9.4
저산소(질소)	50	5.9
아세트산	38	4.5
저산소(이산화탄소)	19	2.3
저산소(아르곤)	18	2.1
탄산칼슘	18	2.1
수산화칼륨	16	1.9
페놀	16	1.9
개미산	13	1.5
메틸렌클로라이드	12	1.4
수산화칼슘	10	1.2
과산화수소	8	0.9
아연	8	0.9
아세톤	7	0.8
에탄올	6	0.7
인산	6	0.7
황산알루미늄	6	0.7
알루미늄산나트륨	5	0.6
알코올	5	0.6
질산 및 과산화수소	5	0.6
초산	5	0.6
수산화리튬	4	0.5
아크릴산	4	0.5

물질명	빈도	퍼센트
알루미늄	4	0.5
염산/질산	4	0.5
삼염화실레인	3	0.4
염화칼슘	3	0.4
요오드	3	0.4
이소프로필알코올	3	0.4
질산암모늄	3	0.4
질산염	3	0.4
LPG	3	0.4
가솔린	2	0.2
도데실아민	2	0.2
리튬브로마이드	2	0.2
메틸아크릴레이트	2	0.2
사염화티타늄	2	0.2
산화칼슘	2	0.2
수산화나트륨/인산	2	0.2
아질산나트륨	2	0.2
저산소(SF6)	2	0.2
질산/염산/불산	2	0.2
트리플루오로아세트산	2	0.2
황산동	2	0.2
과산화칼륨	1	0.1
글루포시네이트	1	0.1
디메틸아세트아미드	1	0.1
디메틸에테르	1	0.1
디클로로실란	1	0.1
메타크릴산	1	0.1
메틸아민	1	0.1
무수초산	1	0.1
벤토나이트	1	0.1
부탄	1	0.1
부틸이소시아네이트	1	0.1
불화암모늄	1	0.1

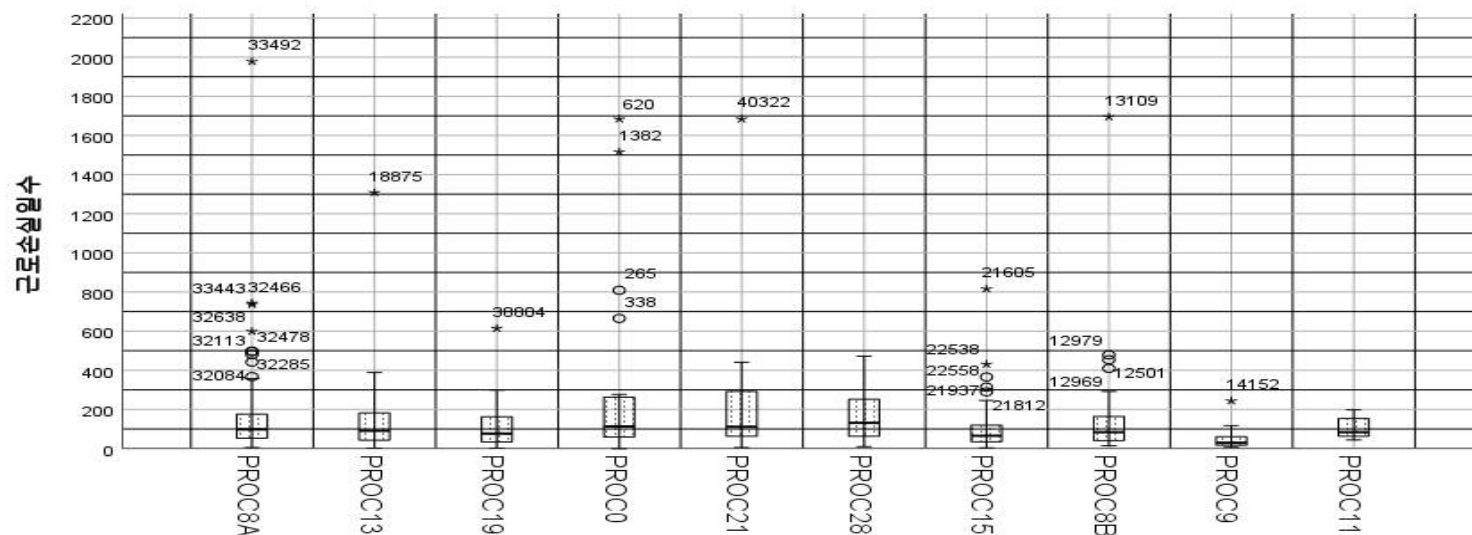
물질명	빈도	퍼센트
산화규소	1	0.1
산화질소	1	0.1
살리실산	1	0.1
삼불화아세트산	1	0.1
수산화알루미늄	1	0.1
수산화암모늄	1	0.1
아세토니트릴	1	0.1
아크졸	1	0.1
알루미늄에이트	1	0.1
알콜도형제	1	0.1
에틸렌글루콜	1	0.1
염화규소	1	0.1
염화나트륨	1	0.1
염화비닐	1	0.1
염화제이철용액	1	0.1
염화철	1	0.1
저산소(도시가스)	1	0.1
저산소(질식)	1	0.1
저산소(프레온가스)	1	0.1
저산소(LPG)	1	0.1
중탄산	1	0.1
질화염	1	0.1
초산/개미산	1	0.1
초산에틸	1	0.1
치오글리콜산	1	0.1
페니실린	1	0.1
폴리프로필렌	1	0.1
황산구리	1	0.1
MEK	1	0.1
MIBK	1	0.1
Sodium butoxide	1	0.1
TMAH	1	0.1



[그림 III-6] 산재사고에서 나타난 화학물질 종류별 근로손실일수차이

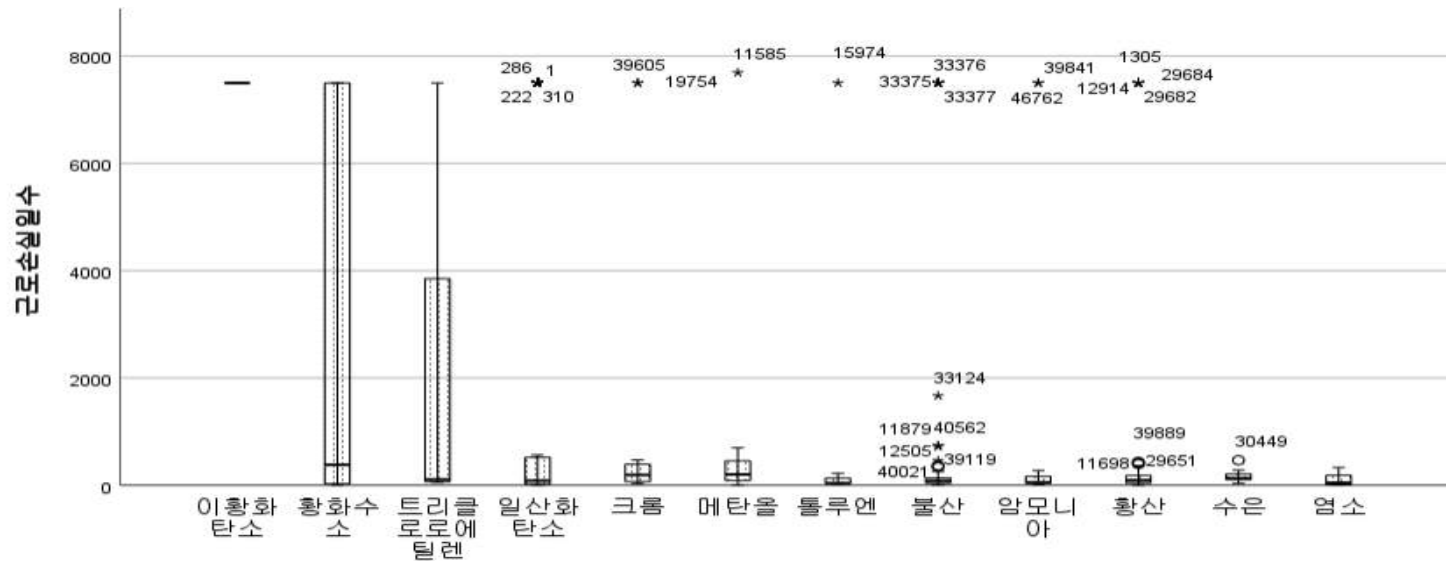
화학물질 관련 산재사고에서 중대법 중독 및 사고위험 상위 68종에서의 근로손실일수가 기타물질사고에서 나타난 근로손실일수에서 많았다(t 검증, $p=0.000$)

10개 이상의 건수를 보인 공정 중 평균 근로손실 일수가 가장 높았던 공정은 밀폐된 설비 내의 청소 및 보수작업 (PROC 28) 이었다.



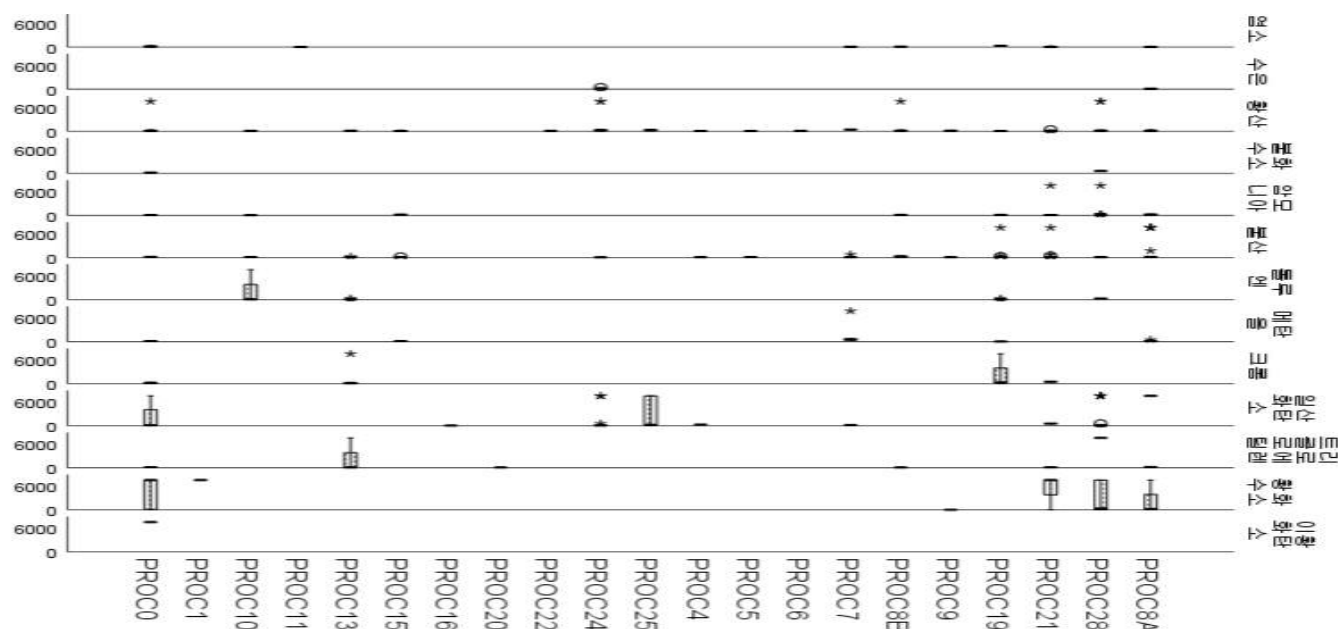
[그림 III-7] 화학물질관련 산재사고에서 나타난 직무(공정)별 근로손실일수

이황화탄소의 평균근로손실일수가 가장 높으며 황화수소, 트리클로로에틸렌, 일산화탄소의 순으로 근로손실일수가 높았다.



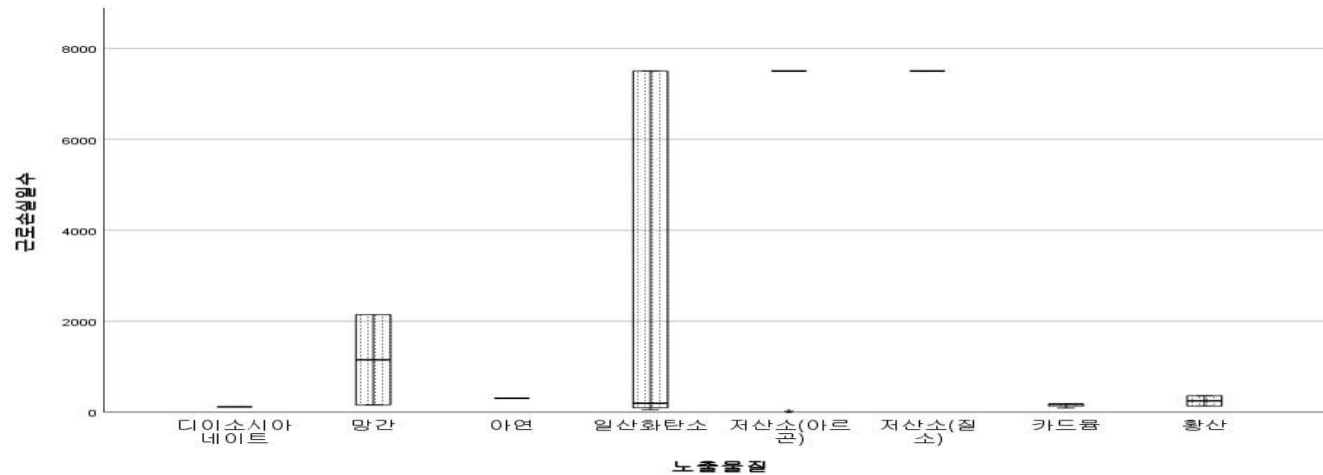
[그림 Ⅲ-8] 화학물질관련 산재사고 10건 이상 발생한 중독사고 위험 상위물질의 근로손실일수

기타 공정에서는(PROC0) 황화수소와 일산화탄소의 근로손실일수가 높았으며, 밀폐 공간 내의 청소 및 보수작업 (PROC28)의 특성을 가진 장소에서의 황화수소 중독에 의한 근로손실일수가 높았다. 담금 및 주입방식에서 가장 손실일수가 높았던 물질은 트리클로로에틸렌이었으며 불산, 톨루엔, 크롬 또한 이러한 형태에서의 높은 근로손실일수가 확인되었다. 용접, 납땜 등과 같은 금속과 관련된 고온작업에서 일산화탄소에 의한 근로손실일수가 높았다.



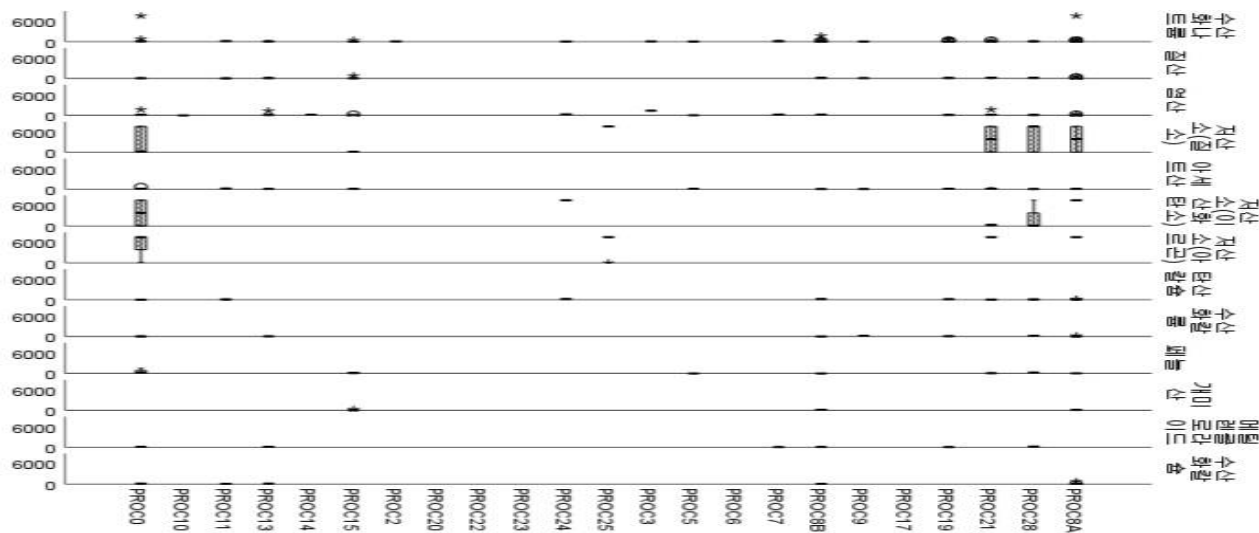
[그림 III-9] 중독사고 상위물질의 공정별 근로손실일수

그밖의 금속고온작업에서(PROC 25)의 중독 및 사고의 평균 근로손실일수가 높았던 물질은 망간, 일산화탄소의 순이었으나 일산화탄소의 변동폭은 높았다.



[그림 Ⅲ-10] 그 밖의 금속 고온작업(PROC 25)에서 나타난 노출물질별 근로손실일수

[그림 III-11] 화학물질관련 산재사고 중 기타물질에서 나타난 근로손실일수



3) 소결

화학물질 관련 산재관련 자료에서 가장 위험직무는 밀폐된 설비 내에서 이뤄진 보수나 청소작업이었다. 물질별로는 이황화탄소의 기타공정에서의 위험도가 가장 높았으며 황화수소, 트리클로로에틸렌, 일산화탄소 순으로 근로손실일수가 높았다. 일산화탄소는 용접과 같은 금속과 관련한 고온 작업(PROC25)에서 근로손실일수가 높았으며, 트리클로로에틸렌은 담금 및 주입 작업(PROC13)에서 위험도가 높았다.

4. 역학조사사례에서 나타난 중독 및 사고위험직무

역학조사에서 파악된 화학물질 중독 위험직무는 손이 접촉되는 수작업, 스프레이 형태의 작업, 그 밖에 금속과 관련된 고온 작업이 이뤄지는 작업에서 중독 발생 건이 다발 한 것으로 나타났다<표 III-9>.

도장은 손의 접촉이 이뤄지는 수작업, 스프레이나 롤러 방식의 작업이 노출을 가중하며 이들 작업은 국소배기장치의 접근성이 쉽지 않으며 도장작업의 손접촉은 도료 배합과정, 도장 작업 후 손을 세정하는 과정에서 이뤄지는 경우가 많았다.

용접 중 망간에 의한 장단기 노출로 인해 파킨슨병(파킨슨증후군 포함)이 발생하였으며, 용접과정에서 발생하는 일산화탄소의 뇌병증도 확인되었다.

절단 및 파쇄와 같은 물질 또는 제품에 높은(기계)에너지를 가하는 작업은 공장 해체와 철거 등에서 발생하였는데 지하라는 공간적 특수상황에서 화학물질이 사용되거나 발생할 경우 노출 수준이 가중되었다.

〈표 Ⅲ-9〉 2013~2021년 역학조사에서 나타난 주요 직무별 원인 및 급성질환

직 무	건수	공정명 (건)	원인 물질 (건)	발생 질환명 (건)
손이 접촉되는 수작업(PROC 19)	8	도장(5), 방수(1), 세척(2)	유기화합물(5), 톨루엔(1), 디클로로메탄(1), 아크릴아미드(1)	뇌병증(3), 신경병증(3), 유기용제중독(1), 무후각증(1)
산업 스프레이 작업 (PROC 7)	7	도장(4), 방수(1), 방역(1), 방제(1)	유기화합물(4), 농약(1), 메틸브로마이드(1), 아크릴아미드(1)	파킨슨(1), 뇌병증(2), 신경병증(3), 무후각증(1)
기타(PROC 0)	4	조리(1), 수면(1), 배달(1), 기타(1)	유기화합물(1), 불화수소(2), 일산화탄소(2)	급성전부비동염(1), 저산소뇌증(1), 허혈성심근병증(1), 화상(1)
그 밖에 금속과 관련한 고온 작업 (PROC 25)	4	용접 및 취부(4)	망간(3), 일산화탄소(1)	파킨슨병(3), 뇌병증(1)
담금 및 주입 방식으로 제품 취급 (PROC 13)	4	도금(2), 세척(2)	유기용제(1), 트리클로로에틸렌(2), 디클로로프로판(1)	뇌병증(2), 스티븐존슨신드롬(1), 파킨슨병(1)
물질 또는 제품에 높은(기계)에너지를 가하는 작업 (PROC 24)	3	절단(2), 파쇄(1)	수은(2), 결정형유리규산(1)	수은중독(2), 전신경화증(1)
통제 가능한 간헐적 노출 가능성이 있는 화학산업에서 밀폐된 배치공정에서의 생산 또는 조제 또는 동등한 용기 조건에서의 공정 (PROC2)	2	운전(2)	유기용제(1), 질소(1)	만성신부전(1), 사망(1)
롤러 및 브러시 작업 (PROC 10)	2	도장(2)	톨루엔(1), 유기화합물(1)	유기용제중독(1), 무후각증(1)
상당히 상승한 온도에서의 열린 공정 및 윤반공정 (PROC 23)	1	용해(1)	결정형실리카(1)	전신경화증(1)

업종별로는 건설업 6건으로 가장 발생 건수가 많았으며 건설업 내에서 도장 2건으로 가장 많았고 방수작업, 절단 용접 및 취부 각 1건으로 확인되었으며 조선 업종 내에서 용접 및 취부 2건, 고무제품제조업 공정 운전원에서 2건, 농업분야의 방역 및 방제작업 2건, 수송용기계기구제조업에서 세척2, 도장 1건의 순으로 많았다.

디클로로메탄, 디클로로프로판, 트리클로로에틸렌은 세척 및 도금, 배합과 같은 손의 접촉이나 텀, 국소배기장치로의 제어가 힘든 공정에서 사용됨으로 노출 경로가 피부, 호흡기 등으로 이뤄지고 있다는 점에서 중독 가능성이 높았다.

망간 및 일산화탄소는 용접 및 취부 공정에서 장단기로 영향을 미치고 있다. 아크릴아미드는 고압으로 주입되는 방수제가 역류해서 근로자에게 노출되는 경우가 많으며 증기압이 낮아 호흡기 노출보다는 피부 노출가능성이 높은 물질로 피부 노출을 방지하는 보호복과 전면형 고글, 내화학장갑의 착용이 중요한데도 이에 대한 작업자의 유해성 인지도가 낮았다.

〈표 Ⅲ-10〉 2013~2021년 역학조사에서 나타난 물질별 직무형태

구분	물질명	직무형태* (1)	건수	공정명
허용 기준 물질	디클로로메탄	PROC19	1	세척
	디클로로프로판	PROC13	1	세척
	망간	PROC25	3	용접및취부
	메틸브로마이드	PROC7	1	방역
	불화수소	PROC0	2	기타
	수은	PROC24	2	절단
	아크릴아미드	PROC7,19	1	방수
	일산화탄소	PROC0(2), PROC25(1)	3	용접및취부,조리,수면
	톨루엔	PROC19,10(1)	1	도장
	트리클로로에틸렌	PROC13	1	도금

구분	물질명	직무형태* (1)	건수	공정명
기타	질소	PROC2	1	운전
	복합유기화합물 (유기용제)	PROC2, PROC 7, 19(2), PROC13, 19, P ROC7, 10, 19	5	도장, 세척, 운전
	결정형산화규산	PROC23(1), PR OC24(1)	2	파쇄, 용해
	농약	PRO7(1)	1	방제
* ECHA의 PROC 분류				

〈표 III-11〉 2013~2021년 역학조사에서 나타난 물질별 질병의 종류

구분	물질명	질병종류	건수
허용기 준물질	디클로로메탄	뇌병증	1
	디클로로프로판	뇌병증	1
	망간	파킨슨병	3
	메틸브로마이드	독성뇌병증	1
	불화수소	급성전부부비동염, 화상	2
	수은	수은중독	2
	아크릴아미드	다발성신경병증	1
	일산화탄소	뇌병증, 저산소증, 허혈성심근병증	3
	톨루엔	유기용제중독	1
	트리클로로에틸렌	스티븐존슨, 파킨슨병	2
기타	질소	사망	1
	유기용제	뇌병증(2), 말초신경병증, 무후각 증, 신부전	5
	결정형산화규산	전신경화증	2
	농약	파킨슨병	1

5. 작업환경측정자료에서 나타난 급성위험공정

1) 일반적 특성

유기화합물에 대한 측정 건수는 톨루엔, 크실렌, 메탄올, 에틸벤젠, 스티렌, 시클로헥사논, 시클로헥산의 순으로 많았다.

〈표 III-12〉 중대법상의 급성위험도 상위 68종에 대한 노출 측정 건수

물질명	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
크롬산아염	39	49	45	82	146	122	164	119	179
베일름	76	62	82	173	120	79	97	103	116
휘발성폴타르피치	137	268	442	522	536	568	605	621	651
염화비닐	892	944	994	1,065	1,177	1,316	1,356	1,467	1,554
글루타르알데히드	1,121	1,186	1,296	1,226	1,108	949	906	891	787
디메틸포름아미드	3,470	3,783	4,381	5,013	7,710	8,483	8,990	9,697	10,362
디클로로메탄	10,702	13,617	15,071	15,895	16,718	15,508	17,002	17,159	17,031
메탄올	25,229	33,152	38,263	44,394	51,156	58,253	58,415	59,881	61,386
무수말레산	410	556	601	761	969	1,142	1,117	1,182	1,266
무수프탈산	287	404	503	747	1,005	979	1,000	1,064	1,128
벤젠	5,310	6,142	6,704	7,266	7,916	8,009	8,530	9,246	9,930
1,3-부타디엔	1,097	1,483	1,713	2,015	2,258	2,524	3,068	3,711	4,086
2-브로모프로판	25	35	42	55	69	50	68	90	97
브롬화메틸	43	39	55	60	36	65	55	56	49
스티렌	11,755	13,448	14,700	14,830	17,245	18,368	21,124	21,658	21,695
시클로헥사논	10,806	12,624	14,401	15,604	18,233	18,465	21,325	20,890	21,517
시클로헥산	8,272	8,980	11,071	12,161	12,159	12,629	14,959	15,572	15,482
시클로헥센	1,145	1,262	1,439	1,540	1,456	1,386	1,393	1,348	1,372
아닐린과 그 동족체	98	208	288	325	481	504	522	747	611
아크릴로니트릴	1,157	1,379	1,448	1,669	2,087	2,347	2,511	2,724	3,031
아크릴아미드	570	701	905	995	1,826	2,139	2,243	2,465	2,826
에틸벤젠	31,129	35,059	36,779	39,015	40,923	42,786	47,100	47,773	48,430
에틸렌글로라이드린			4	13	17	26	23	24	27
이황화탄소	106	149	217	280	278	340	406	457	501
크실렌	48,144	53,554	58,754	57,970	62,531	64,195	68,733	69,564	70,256
톨루엔	64,772	69,341	71,457	74,943	78,651	79,240	84,974	85,579	86,461
톨루엔2,6-다이소시아네이트	2,152	2,390	2,475	2,858	3,209	3,110	3,220	3,307	3,307
톨루엔2,4-다이소시아네이트	2,625	2,947	2,959	3,273	3,645	3,546	3,583	3,656	3,656
트리클로로메탄	1,638	2,296	3,093	3,395	3,775	4,123	4,489	4,815	5,363
트리클로로에틸렌	7,052	7,045	5,987	6,050	5,127	4,999	5,316	4,484	3,955
포름알데히드	12,819	15,303	17,471	20,182	22,410	23,157	24,675	25,693	27,181
스도다드솔벤트	4,043	5,277	5,968	6,746	9,531	8,451	7,862	7,400	7,214
헥사메틸렌다이소시아네이트	1,132	1,645	1,935	2,532	2,791	2,913	3,259	3,476	3,630
n-헥산	19,889	21,561	22,938	23,576	24,283	25,125	26,813	26,701	26,536
n-헵탄	11,040	12,306	13,942	14,613	15,850	17,212	19,238	19,672	20,749
황산디에틸	44	32	45	63	129	181	210	261	257
메틸렌비스페닐아소시아네이트	332	397	357	336	235	177	274	5,285	6,150
납무기화합물	22,541	25,529	25,025	26,645	30,011	28,781	33,264	31,532	28,536
니켈가용성무기화합물	3,065	3,748	4,181	4,759	5,751	6,150	6,954	7,224	7,528
니켈(불용성무기화합물)	10,239	23,457	30,551	37,077	41,854	44,665	50,696	52,452	52,571
니켈카보닐	10	9	8	19	31	30	18	38	40
망간	70,845	79,939	85,811	91,985	97,102	101,505	117,787	118,525	117,117
수은(알킬화합물)	11	10	31	45	89	79	105	146	186
수은(아릴화합물)	65	78	60	31	30	43	45	57	77
수은(아릴 및 알킬화합물 제외)	164	202	245	251	756	1,122	1,537	3,110	3,391
주석 및 무기화합물	14,324	17,990	20,000	22,248	24,592	26,562	29,625	31,110	32,060
유기주석	63	136	149	218	346	597	578	704	803
카드뮴	1,734	2,061	2,542	2,949	3,318	3,575	3,258	2,573	2,525
코발트	3,156	3,434	3,910	4,925	6,190	7,659	9,790	10,381	11,154
크롬 및 3가크롬	37,766	40,377	47,219	52,898	58,202	60,248	71,787	73,191	73,485
6가크롬(수용성)	4,087	5,901	7,950	9,759	12,311	13,662	15,030	16,270	14,787
6가크롬(불용성)	1,526	3,395	4,935	8,925	14,728	19,393	24,224	26,682	29,921
불화수소	6,271	9,836	11,373	12,688	13,866	16,474	19,661	20,847	22,230
시아나이드류	1,960	2,426	2,457	2,439	2,127	2,345	3,261	3,317	3,211
시아나이드류	593	1,005	1,047	1,074	996	974	1,372	1,419	1,478
황산	20,214	27,194	29,614	32,625	36,313	39,014	42,066	44,248	46,280
산화에틸렌	3,009	3,528	4,085	4,627	4,955	5,113	5,340	5,581	5,643

〈표 III-12〉 중대법상의 급성 위험도 상위 68종에 대한 노출 측정 건수(계속)

삼수소화비소	331	492	588	605	671	893	1,300	1,443	1,350
시아나화수소	5,465	2,499	3,299	2,921	3,042	3,508	4,991	4,508	4,406
염소	1,661	2,021	2,442	2,910	3,517	3,593	4,412	4,906	5,249
오존	1,845	1,594	2,572	6,375	7,120	5,763	6,662	8,269	8,259
이산화질소	3,646	3,942	3,945	4,016	3,665	3,334	3,528	3,795	3,719
일산화탄소	10,446	10,934	11,272	12,178	13,039	13,009	17,100	17,069	17,793
포스겐	50	57	67	63	59	108	102	142	141
포스핀	832	1,305	1,499	1,624	1,692	1,953	2,844	3,294	3,410
황화수소	2,009	2,341	2,652	3,056	3,043	3,554	5,226	6,305	6,730
1,2-디클로로프로판	64	131	124	114	118	97	81	167	1,642
암모니아	8,456	9,580	10,718	11,789	14,082	15,450	18,519	20,107	21,390
	526,006	614,775	675,196	744,081	821,412	857,719	969,228	998,250	1,013,941

중금속류에는 망간, 크롬 및 3가 크롬의 순으로 많았는데 망간은 급성위험도 상위물질 중에 측정건수가 가장 많았다.

가스상 물질 측정 건수는 암모니아, 일산화탄소, 오존, 황화수소 순으로 많았다.

불검출률이 50% 이하로 낮은 물질은 휘발성폴타르피치, 망간, 시안화합물(시안화나트륨, 시안화칼륨), 크롬, 니켈이다.

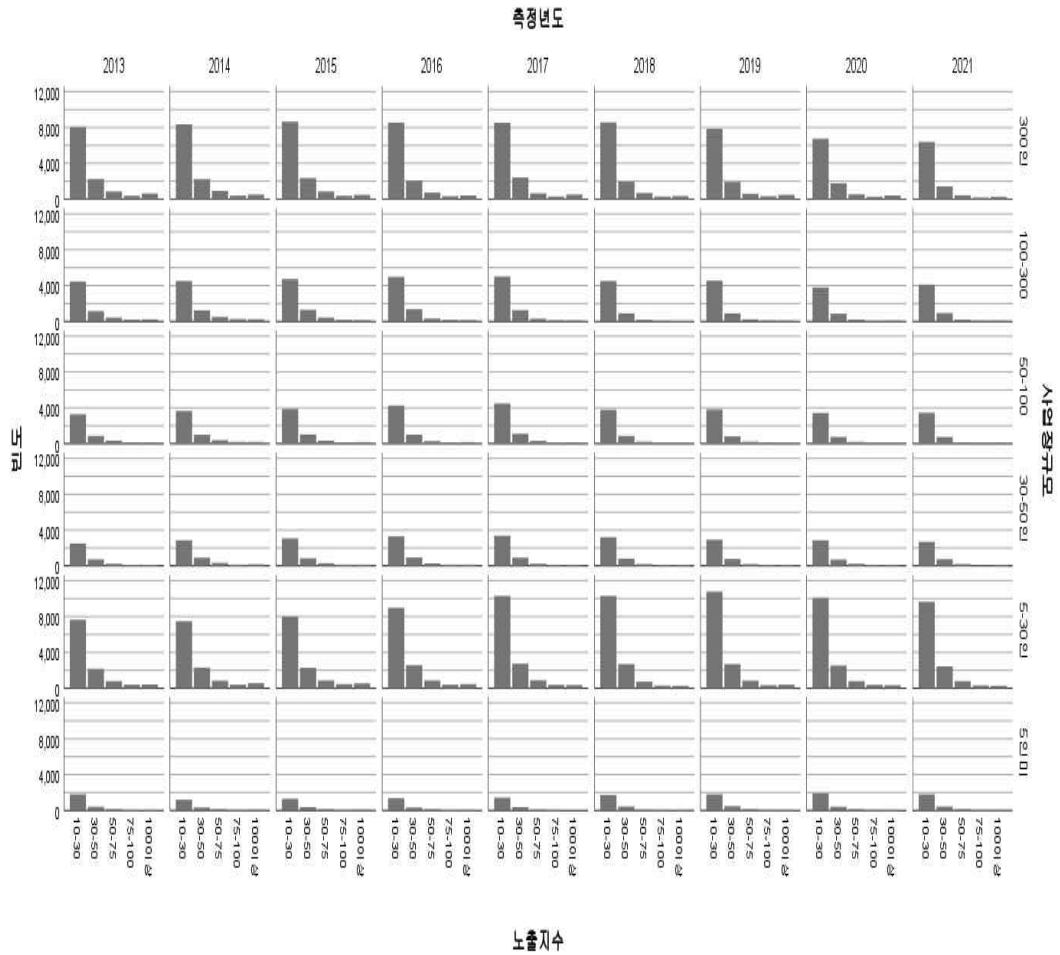
〈표 III-13〉 2013~2021 중대법 나열 급성독성위험물질의 불검출률(% , 계속)

물질명	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
크롬산아연	15	35	53	46	56	53	82	63	63
베릴륨	92	95	96	92	93	91	88	85	91
휘발성폴타르피치	3	19	26	20	31	29	21	31	35
염화비닐	71	71	74	81	80	82	84	84	88
글루타르알데히드	92	92	96	98	98	98	98	97	97
디메틸포름아미드	63	68	72	76	80	82	84	88	89
디글로로메탄	57	58	65	67	71	71	73	74	75
메탄올	67	74	75	78	81	82	83	85	86
무수말레산	96	97	96	98	97	97	97	97	92
무수프탈산	90	82	92	97	95	96	96	91	95
벤젠	87	86	86	89	91	89	94	95	93
1,3-부타디엔	84	82	89	88	91	93	96	93	93
2-브로모프로판	92	94	100	98	93	100	100	97	100
브롬화메틸	100	90	96	97	100	92	100	95	96
스티렌	77	78	77	81	83	86	87	89	90
시클로헥사논	77	81	81	83	86	88	88	91	92
시클로헥산	73	73	76	78	80	81	84	86	87
시클로헥센	80	92	91	92	92	90	96	97	97
아닐린과그동족체	93	96	97	95	98	96	99	99	99
아크릴로니트릴	86	92	93	93	95	95	96	97	98
아크릴아미드	94	93	95	93	97	97	98	97	96
에틸벤젠	52	54	55	58	60	65	70	71	74
에틸렌글로라이드린			100	100	100	100	96	100	100
이황화탄소	70	81	78	88	91	90	94	93	89
크실렌	54	57	58	61	63	66	71	72	74
톨루엔	42	44	45	48	51	54	58	61	63
톨루엔2,6-디이소시아네	75	73	72	78	80	85	83	84	84
톨루엔2,4-디이소시아네	74	72	71	73	77	85	83	83	82
삼수산화비소	97	98	96	95	95	91	95	51	75
시안화수소	12	22	25	25	29	30	32	38	42
염소	64	63	66	71	59	60	51	49	55
오존	65	61	59	61	46	46	58	55	48
이산화질소	65	61	64	70	70	74	72	74	71
일산화탄소	48	51	55	55	56	59	48	52	55
포스겐	100	98	82	94	73	86	90	83	79
포스핀	94	94	90	94	90	92	91	83	74
황화수소	50	51	60	64	59	55	50	54	54
1,2-디글로프로판	28	33	55	39	58	71	53	81	68
암모니아	42	41	50	55	61	58	56	56	61
전체	48	51	53	56	58	61	64	65	66

〈표 III-13〉 2013~2021 중대법 나열 급성독성위험물질의 불검출률(%)

트리클로로메탄	89	91	93	94	95	95	95	96	94
트리클로로에틸렌	52	48	45	48	53	53	56	60	59
포름알데히드	22	23	23	21	24	28	31	33	32
스토다드솔벤트	63	67	63	68	66	67	65	68	68
헥사메틸렌디아민소시아	86	82	83	84	88	90	93	93	93
n-헥산	64	64	68	71	75	78	81	83	83
n-헵탄	71	71	74	78	83	84	86	88	90
황산디메틸	93	56	67	95	98	100	100	100	100
메틸렌비스페닐아소시아	85	92	94	94	97	95	95	93	95
납및무기화합물	47	46	50	48	57	61	67	68	65
니켈가용성무기화합물	36	39	43	44	42	48	53	52	49
니켈(불용성무기화합물)	39	42	43	43	45	51	55	56	55
니켈카르보닐	90	100	100	58	100	100	100	100	68
망간	21	23	25	27	29	35	38	38	39
수은(알킬화합물)	45	70	61	56	84	87	94	96	95
수은(아릴화합물)	37	68	70	94	100	95	91	96	96
수은(아릴 및 알킬화합물)	55	56	71	81	85	87	93	95	97
주석 및 무기화합물	60	62	66	69	69	69	70	69	66
유기주석	87	78	88	81	81	82	63	76	77
카드뮴	62	66	74	69	70	79	66	75	74
코발트	62	59	65	72	71	72	77	77	77
크롬 및 3가크롬	32	37	36	38	38	41	46	44	46
6가크롬(수용성)	40	49	60	63	68	69	68	69	68
6가크롬(불용성)	53	73	80	72	73	76	78	81	77
불화수소	79	82	83	82	82	91	93	95	95
시아나트륨	18	19	20	27	43	40	30	34	36
시아나칼륨	39	31	34	39	48	48	40	41	46
황산	48	55	56	59	54	55	62	51	47
산화에틸렌	53	53	61	65	68	81	85	81	80

불검출건을 제외하고 노출기준의 10% 수준 이상의 측정 건수를 분석하면 노출기준 50%이하에서 대부분 관측되었다(그림 III-15).



[그림 Ⅲ-12] 년도별 규모별 노출지수 분포

측정 건수의 가장 많이 분포하고 있는 사업장 규모는 5-30인 규모에서 관측되었다. 전반적으로 노출지수 50% 이하의 사업장이 분포하였다.

2) 중독 및 사고 상위물질별 노출지수로 본 위험도

(1) 개요

노출지수 10% 이상의 자료 중 50% 미만의 구간을 위험도 낮음, 구간의 50% 이상을 중독 및 사고 위험성이 있음으로 정의하고, 그 수준을 주의(50~75), 경고(75~100), 위험(100이상) 나누어 상대적 분포를 확인하고 노출지수 점수가 높을수록 중독 및 사고 위험 가능성이 높은 것으로 정의하였다.

(2) 업종별 중독 및 사고 위험도

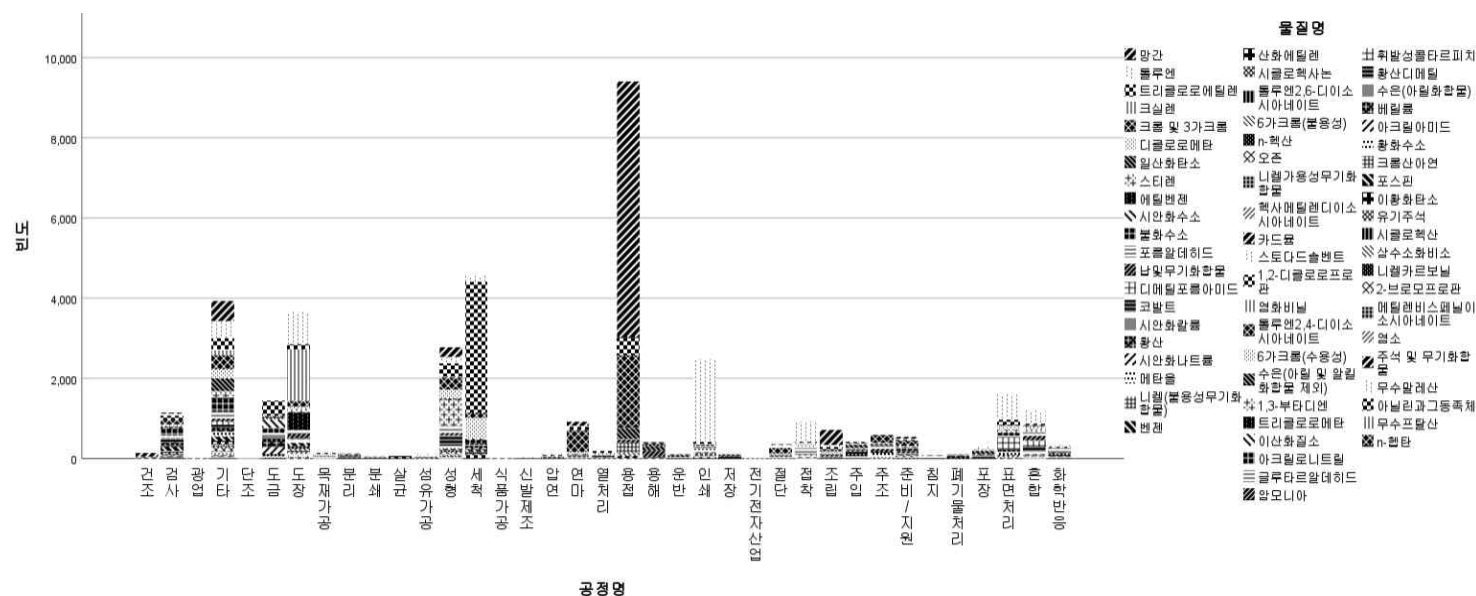
중독 이상의 사고 위험도가 있는 업종별 건수가 높은 업종은 제조업, 광업, 건설업, 보건업 및 사회복지서비스업 순이었다.

〈표 Ⅲ-14〉 노출지수로 본 업종별 급성 중독 및 사고 위험도(2013~2021)

업종명	중독 및 사고 위험도			
	낮음	주의	경고	위험
제조업	282,478	19,893	8,766	10,690
건설업	7,048	379	149	97
공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	790	26	17	7
광업	1,319	405	305	7
교육 서비스업	150	16	4	22
금융 및 보험업	1	-	-	-
농업, 임업 및 어업	264	8	4	13
도매 및 소매업	2,273	110	49	64
보건업 및	22,705	899	339	375

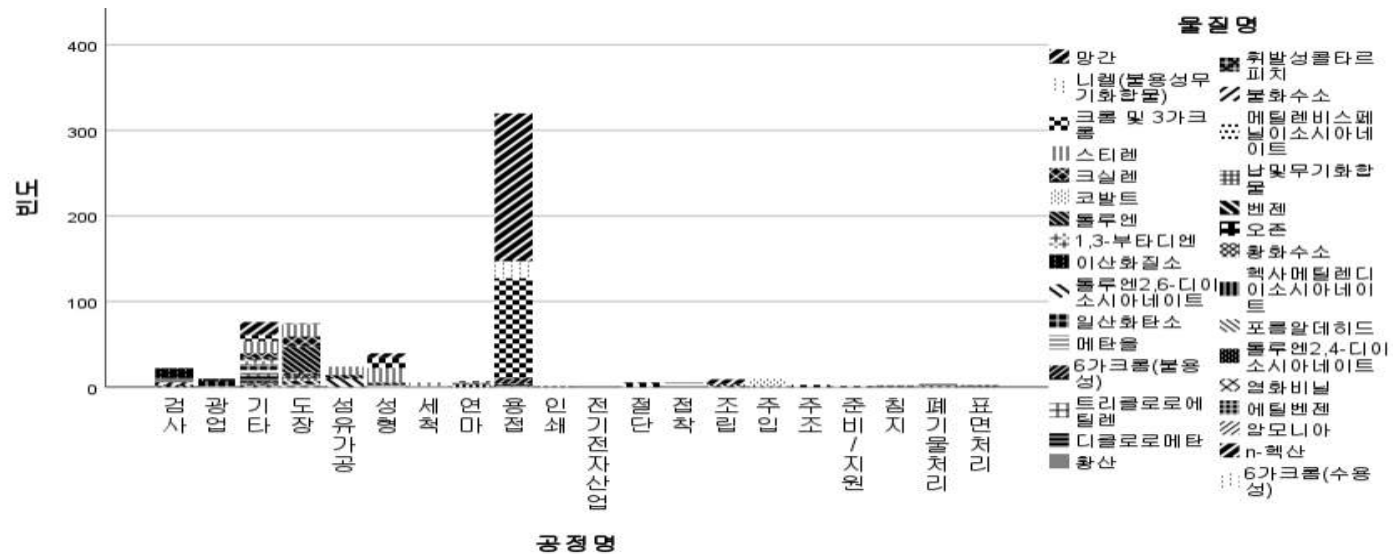
업종명	중독 및 사고 위험도			
	낮음	주의	경고	위험
사회복지 서비스업				
부동산업	100	5	1	-
사업시설 관리, 사업 지원 및 임대 서비스업	861	33	10	19
수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	2,714	151	53	40
숙박 및 음식점업	93	3	-	3
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	33	11	2	1
운수 및 창고업	1,819	88	44	86
전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	1,187	52	24	52
전문, 과학 및 기술 서비스업	5,759	130	64	78
정보통신업	837	56	16	7
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	7,873	135	60	96
분류안됨	3,017	225	105	74
총건수	341,421	22,625	10,012	11,731

제조업은 다양한 공정에서 다양한 물질에서 중독 및 사고 위험도가 있음으로 관측되었다. 중독 및 사고위험이 가장 많이 예측되는 공정은 용접공정으로 망간, 크롬 및 3가 크롬의 중금속 노출이 다수 관측되었고, 세척공정에서는 톨루엔, 크실렌, 트리클로로에틸렌, 에틸렌 등의 다양한 유기화합물 노출의 유해·위험성이 확인되었다.



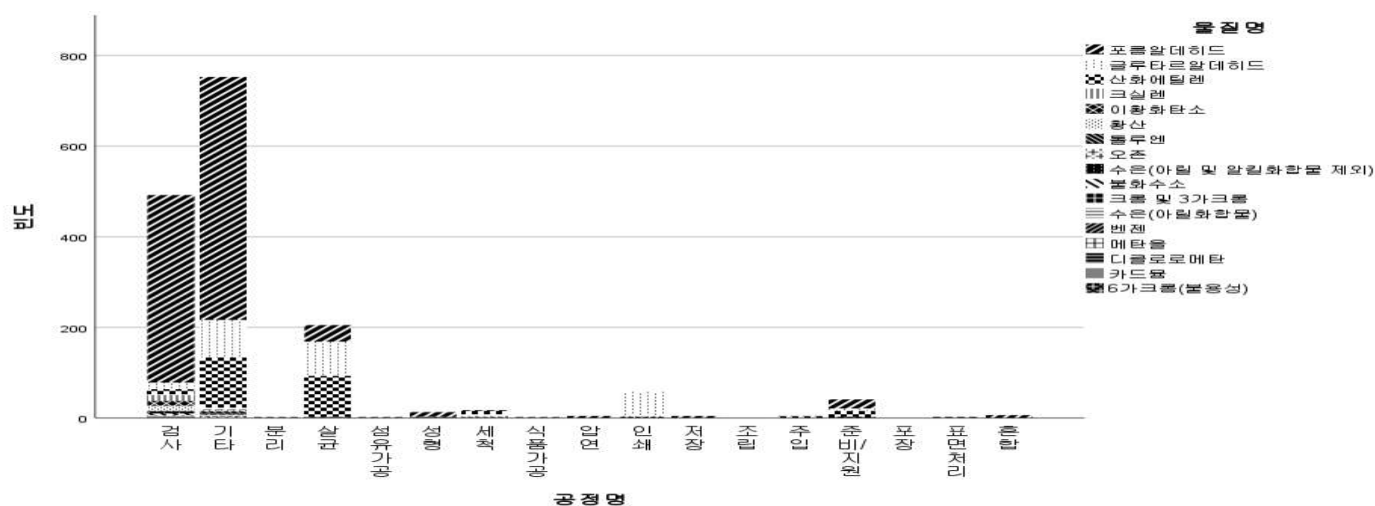
[그림 III-13] 제조업에서의 공정별 중독사고위험물질 분포

건설업에서는 31종의 물질이 주의 수준 이상의 위험도가 다수 관측되었다. 용접업종에서의 망간, 크롬 3가의 노출이 **위험 수준으로** 확인되고, 도장직무에서 스티렌, 크실렌, 톨루엔의 중독 위험도가 관측되며 벤젠 또한 성형공정에서의 위험도가 관측되었다.



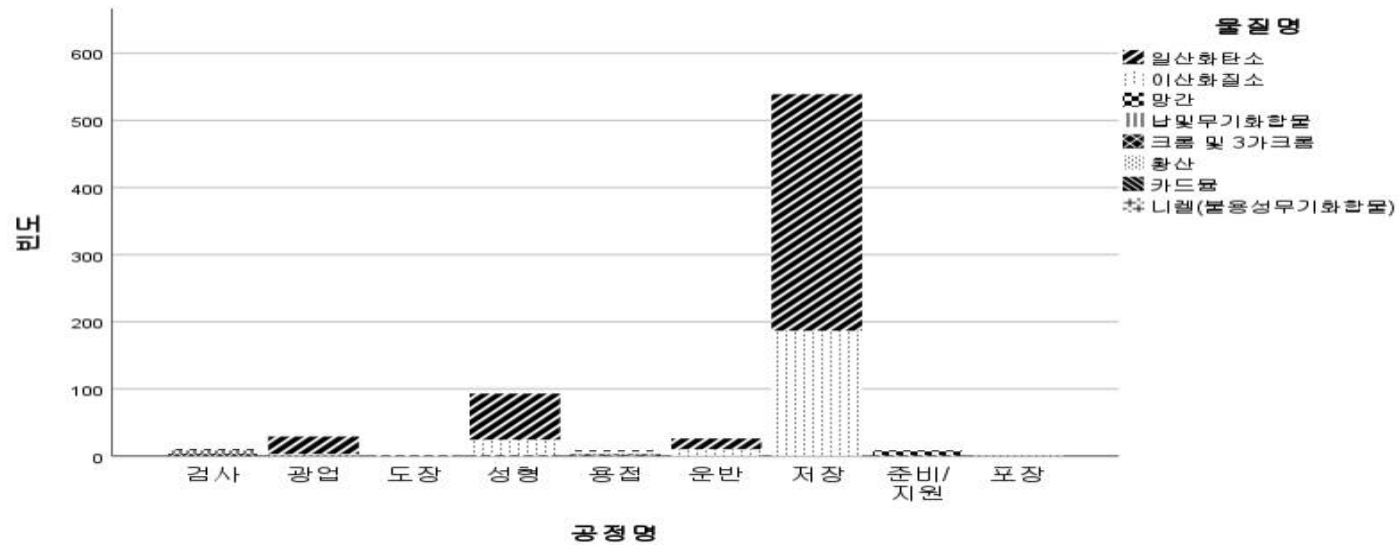
[그림 Ⅲ-14] 건설업에서의 공정별 중독사고위험물질 분포

보건업 및 사회복지서비스업에서 약 17종의 화학물질에 대한 위험공정이 관측되었다. 물질별 중독 및 사고 위험성이 있으므로 관측된 건은 검사 및 기타 공정에서 발생하였는데 이는 모두 내시경 등 생체시료를 검사하는 공정에서 발생하였다. 포름알데히드는 조직 고정제 및 살균제로, 글루타르알데히드는 소독제로 산화에틸렌은 수술실에 멸균을 요구하는 살균제로 병원업 검사실, 수술실, 중앙물품공급실 등에서 사용하는 물질이다.



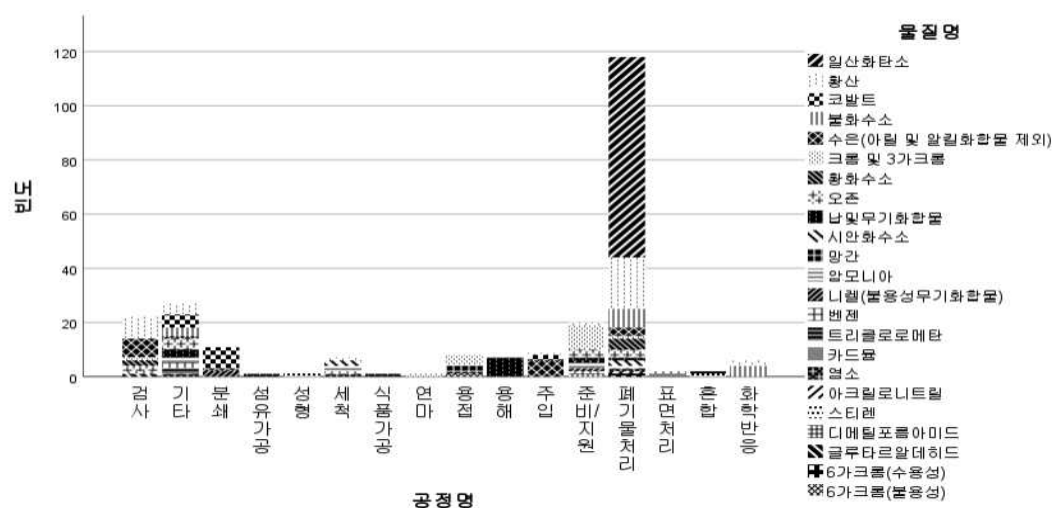
[그림 Ⅲ-15] 보건업 및 사회복지서비스업에서의 공정별 중독질환위험도 분포

광업에서 급성중독위험도가 가장 많이 관측된 사례는 저장 직무에서의 일산화탄소 및 이산화질소의 노출이다. 일산화탄소에서 주의 이상 수준의 노출건수가 저장, 성형, 준비 및 지원 등 업무에서 발생하였다.



[그림 Ⅲ-16] 광업에서의 공정별 중독사고 위험직무

수도, 하수 및 폐기물처리 원료재생업에서 급성중독위험을 유발하는 가장 상위의 물질이 일산화탄소, 황산이다. 뒤이어 급성독성사례가 다발 했던 불화수소, 수은, 황화수소에서 주의 수준 이상의 급성중독위험도가 관측되는 공정이 폐기물 처리공정이다.



[그림 III-17] 수도, 하수 및 폐기물처리 원료재생업에서의 중독사고 위험직무

(3) 물질별 급성중독위험도

세 구간 중 노출지수 초과로 중독사고 위험 예측 수준이 위험으로 분류된 건이 가장 많았던 물질은 트리클로로에틸렌, 불화수소, 크롬(3가 크롬)이었다.

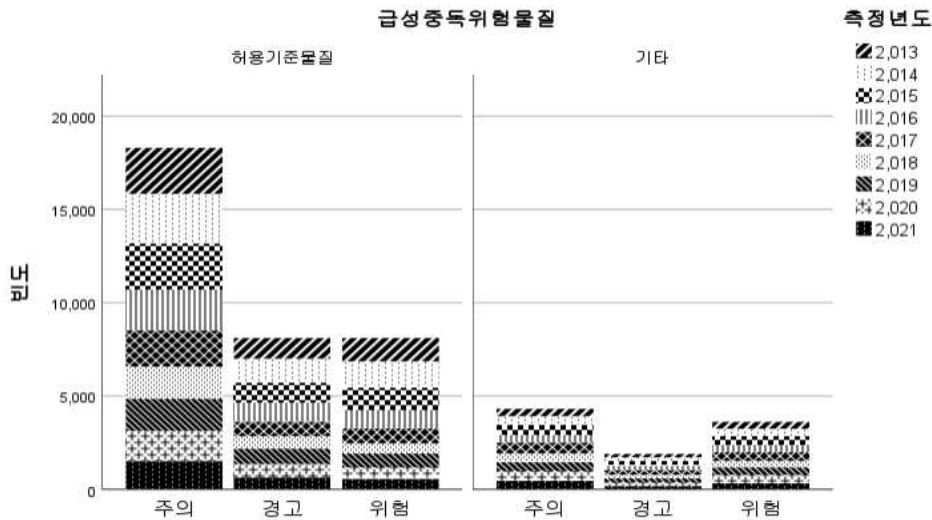
〈표 Ⅲ-15〉 노출지수로 본 물질별 급성중독사고 위험도(2013~2021)

구 분		중독사고 위험도		
		주의	경고	위험
허용기준 대상물질	1,2-디클로로프로판	58	36	54
	1,3-부타디엔	19	11	16
	2-브로모프로판	0	1	3
	6가크롬(불용성)	127	41	25
	6가크롬(수용성)	47	22	7
	납 및 무기화합물	662	285	213
	니켈(불용성무기화합물)	242	90	104
	니켈카르보닐	0	1	1
	디메틸포름아미드	556	119	89
	디클로로메탄	1122	432	274
	망간	3995	2020	2369
	메탄올	447	166	89
	메틸렌비스페닐이소시아네이트	6	5	2
	베릴륨	2	1	0
	벤젠	348	159	106
	브롬화메틸	2	1	1
	산화에틸렌	217	121	106
	수은(아릴 및 알킬화합물 제외)	27	23	35
	수은(아릴화합물)	3	8	1
	스티렌	648	410	299
	아닐린과그동족체	1	0	0
	아크릴로니트릴	15	14	4

구 분		중독사고 위험도		
		주의	경고	위험
	암모니아	66	23	1
	염소	7	1	3
	염화비닐	48	18	7
	이황화탄소	7	3	15
	일산화탄소	1116	602	88
	주석 및 무기화합물	0	0	0
	카드뮴	63	32	27
	코발트	422	243	109
	톨루엔	3855	1147	698
	톨루엔2,4-다이소시아네이트	78	39	53
	톨루엔2,6-다이소시아네이트	93	50	54
	트리클로로메탄	57	25	9
	트리클로로에틸렌	1743	1154	2764
	포름알데히드	1428	520	347
	황산	594	227	95
	휘발성콜타르피치	20	13	3
	n-헥산	163	53	41
기타	글루타르알데히드	34	37	232
	니켈가용성무기화합물	101	26	6
	무수말레산	2	1	0
	무수프탈산	2	0	0
	불화수소	363	218	541
	삼수소화비소	2	0	2
	스토다드솔벤트	71	41	31
	시안화나트륨	115	68	6
	시안화수소	170	76	0
	시안화칼륨	45	9	0

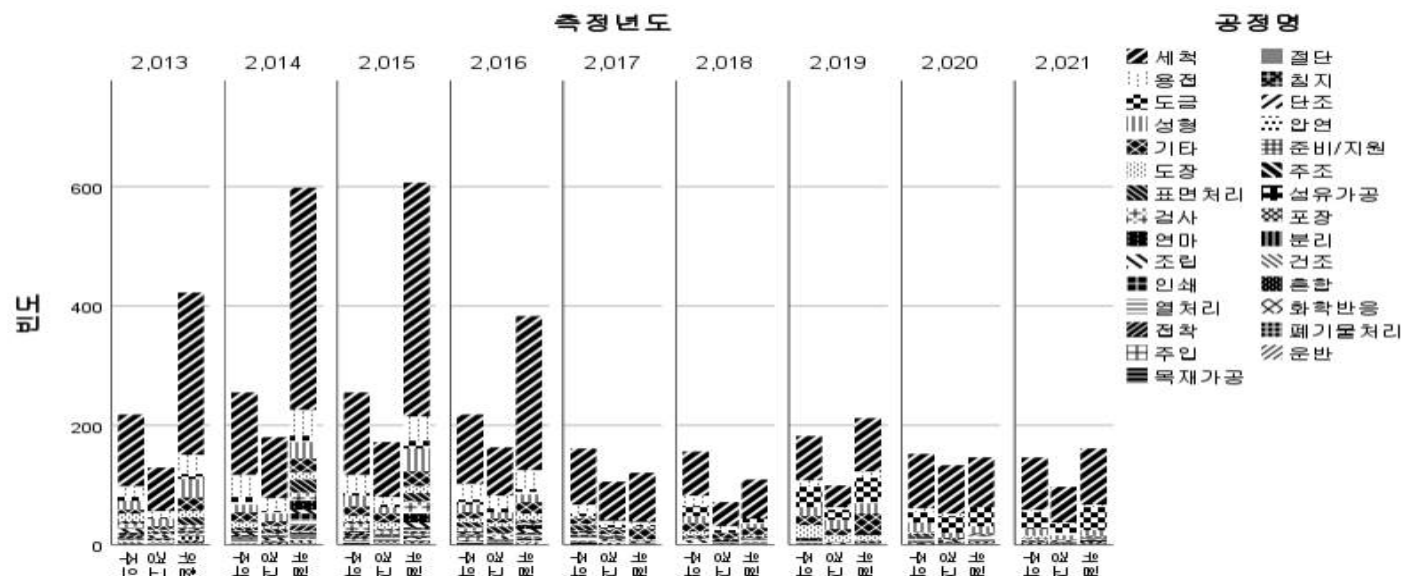
구 분		중독사고 위험도		
		주의	경고	위험
	시클로헥사논	126	22	21
	시클로헥산	5	1	0
	아크릴아미드	10	7	4
	에틸벤젠	229	96	194
	오존	155	58	14
	유기주석	0	2	0
	이산화질소	247	58	2
	주석 및 무기화합물	10	6	13
	크롬 및 3가크롬	1855	803	1909
	크롬산아연	4	1	0
	크실렌	683	322	551
	포스핀	3	1	2
	헥사메틸렌다이소시아네이트	47	25	82
	황화수소	39	18	8
	n-헵탄	0	0	1

급성중독사고 위험물질로 선정된 상위 물질 중 허용기준물질의 경우 위험도는 전반적인 감소추세에 있다.



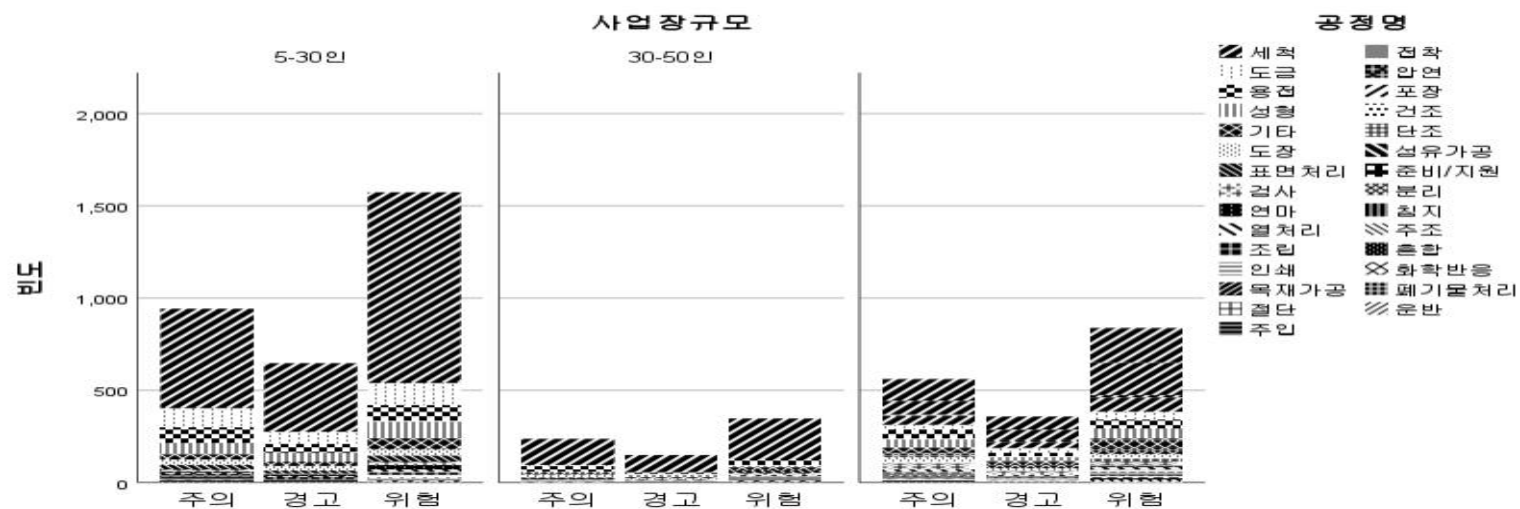
[그림 Ⅲ-18] 중독사고 위험물질의 년도별 위험도의 변화

기타 물질의 위험 수준은 연차별 일정한 수를 유지하는 형태를 가지고 있다. 허용기준 물질의 경우 경고와 위험 수준이 유사한 형태의 비율을 유지하는 형태를 가지고 있으며 기타 상위물질의 경우 주의와 위험 수준의 분포가 유사했다.



[그림 III-19] 트리클로로에틸렌의 공정별 년도별 급성중독 위험도 변화

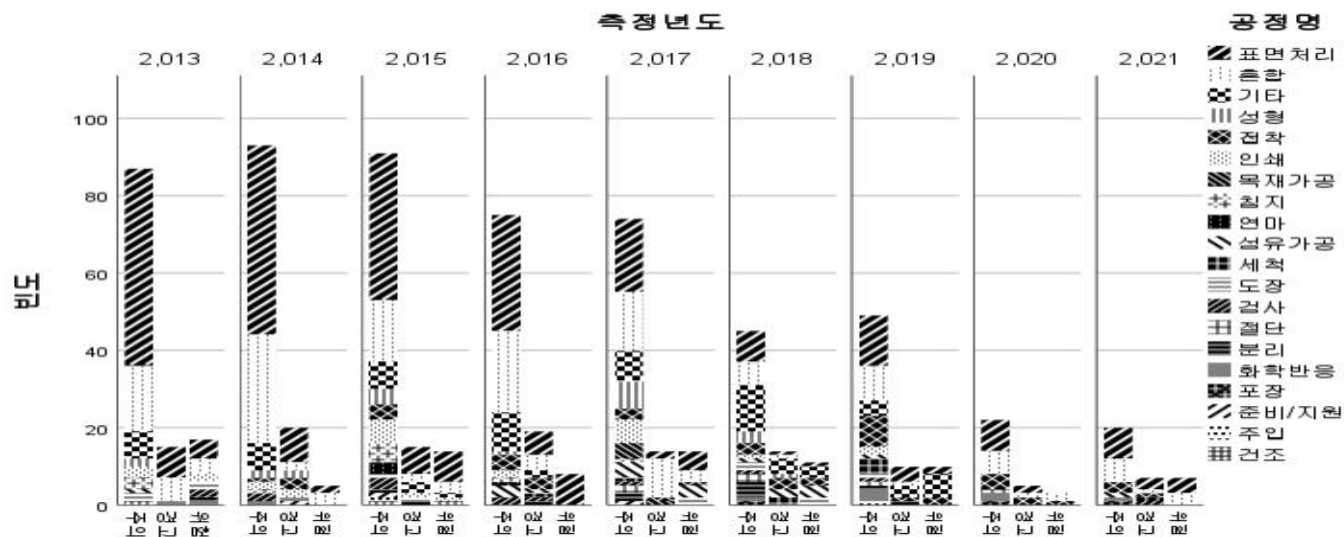
트리클로로에틸렌 노출 위험도는 최근 10년간 전반적으로 감소하였으나 「위험」 수준이 2017년도 급감했다가 이후 위험 수준의 노출이 일정하게 유지되고 있다. 위험 수준에 가장 많이 분포한 공정은 세척 공정이며 2017년 이전에는 용접공정에서 확인되었으나 최근에는 도금공정에서의 위험도가 높게 나타나고 있다.



[그림 III-20] 트리클로로에틸렌의 사업장 규모별 공정별 급성중독 위험도 분포

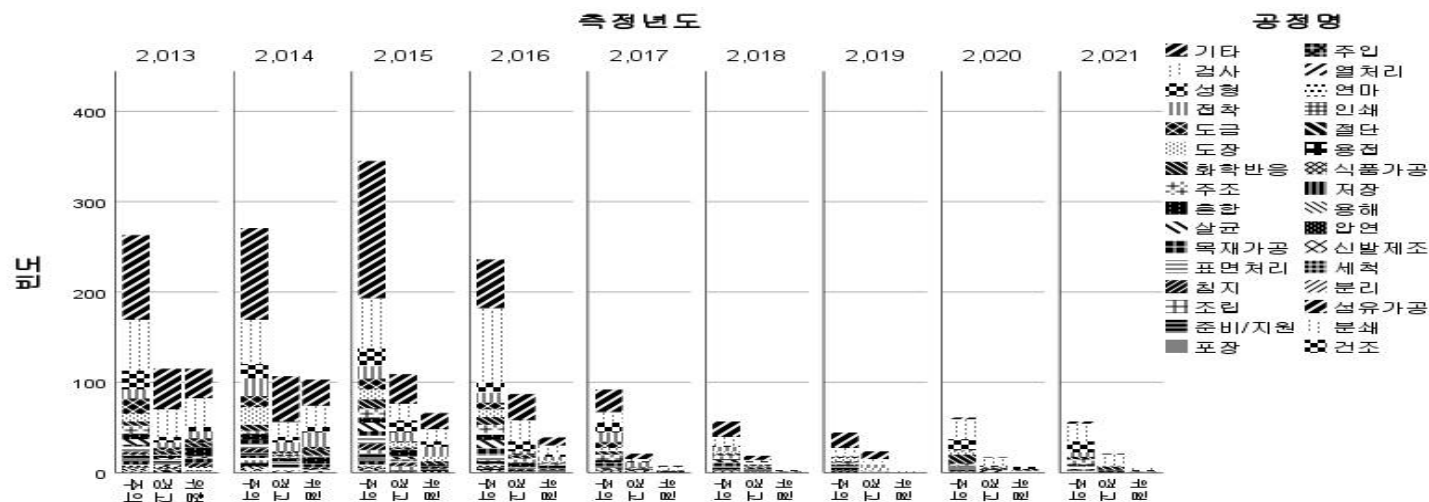
트리클로로에틸렌의 최근 10년 동안의 세척, 도금, 용접, 성형공정에서 5-30인에서의 위험도가 높은 것으로 나타났다.

디메틸포름아미드의 급성 노출 위험도는 전반적으로 낮아지고 있으나 표면처리 공정 및 혼합공정에서의 노출 초과 사례가 여전히 남아 있어 중독사고 위험도가 높은 것으로 관측되었다.



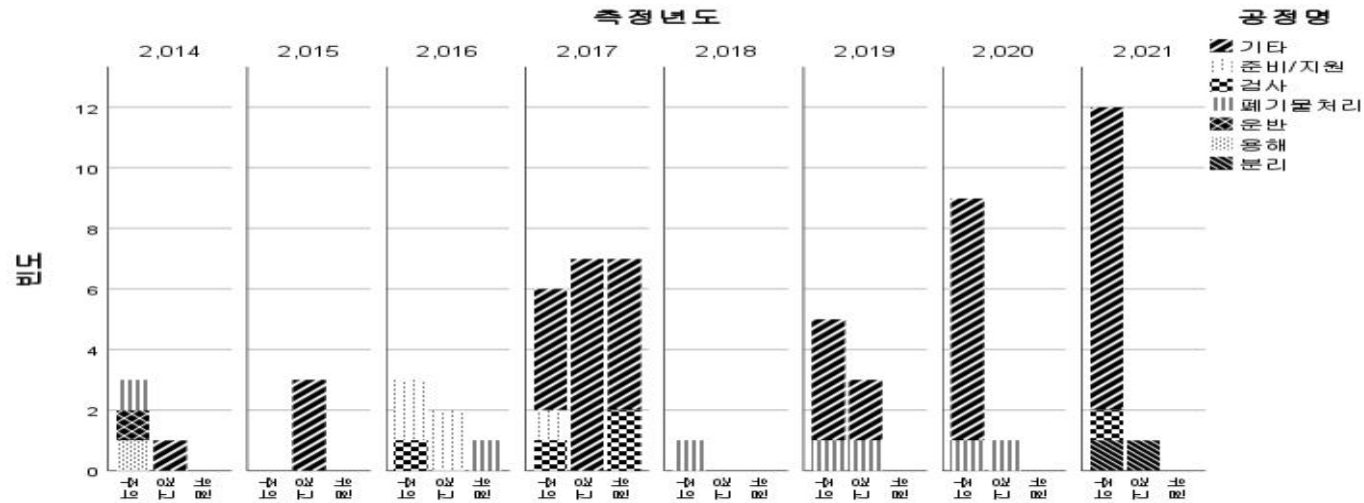
[그림 III-21] 디메틸포름아미드의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화

포름알데히드의 전반적인 위험도는 낮아지고 있으나 검사과정에서의 위험도가 최근 2년에 걸쳐 증가하였다.



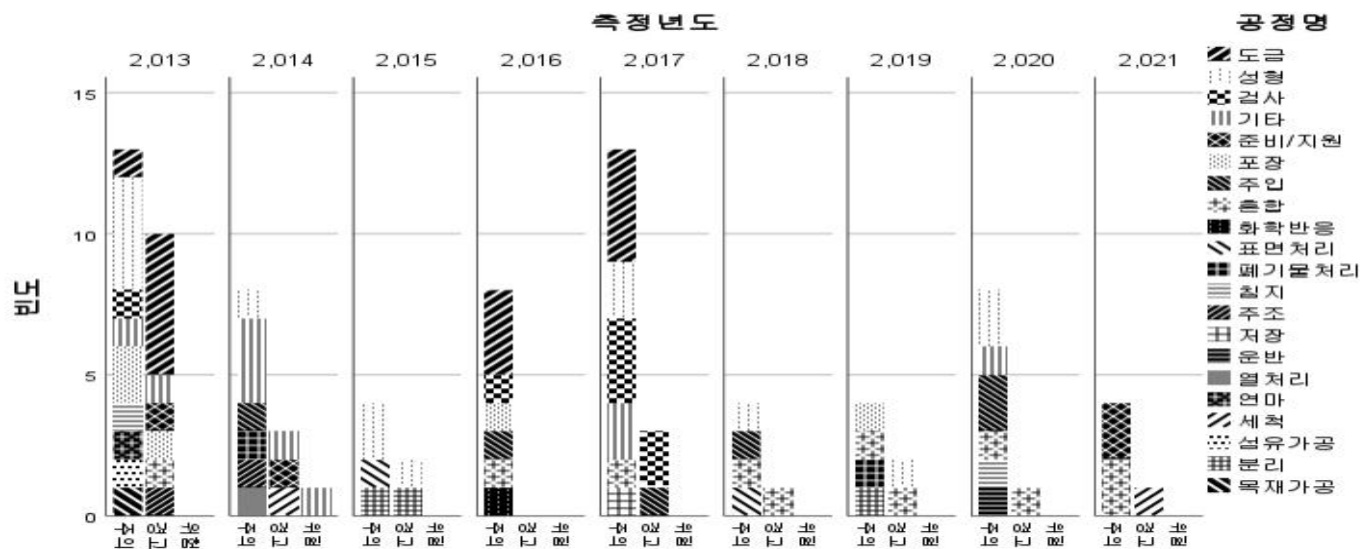
[그림 III-22] 포름알데히드의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화

황화수소의 위험공정은 2018년도 이후 관측되고 있지 않으나 기타, 검사, 분리공정에의 주의 수준 이상의 관측 빈도가 증가하였다.



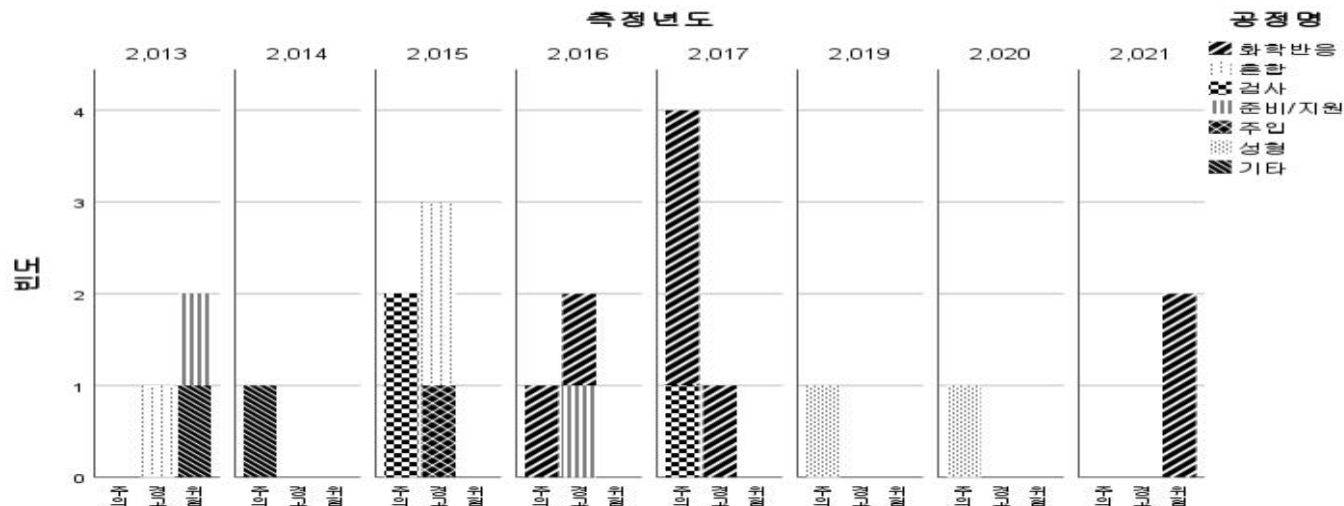
[그림 III-23] 황화수소의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화

암모니아 사용의 주의 수준 이상의 위험도가 관측되는 공정은 도금, 성형, 검사순으로 많이 관측되며, 최근 2년동안은 혼합공정이 경고 수준에서 자주 관측되고 있다.



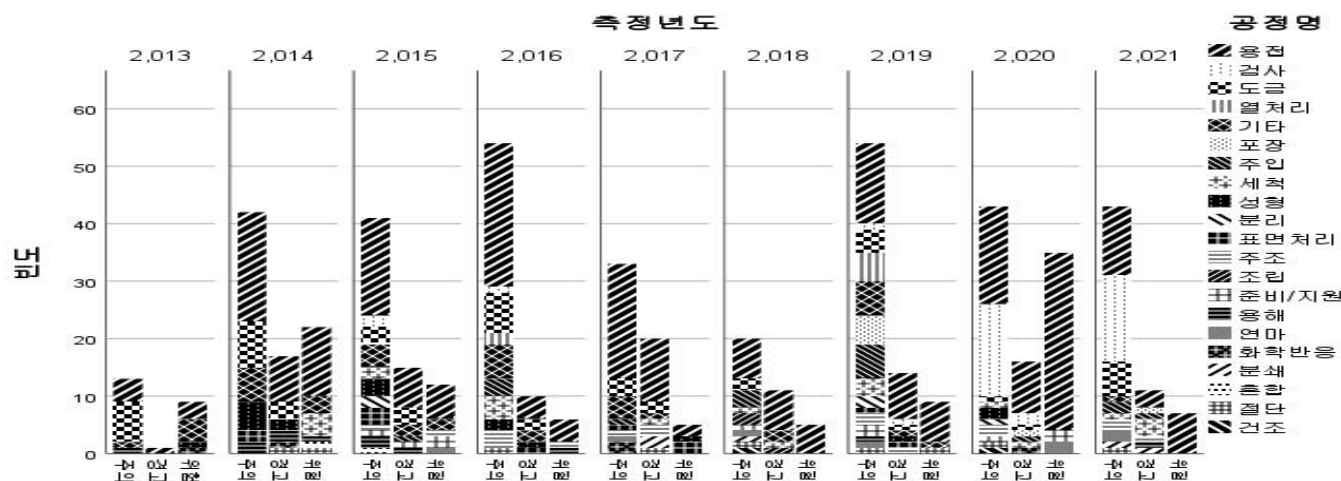
[그림 III-24] 암모니아의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화

아크릴아미드의 위험공정에 대한 관측치는 연도별 5건 이내이나 화학반응공정에서 최근 노출초과로 중독사고 위험성이 높음으로 관측되었다.



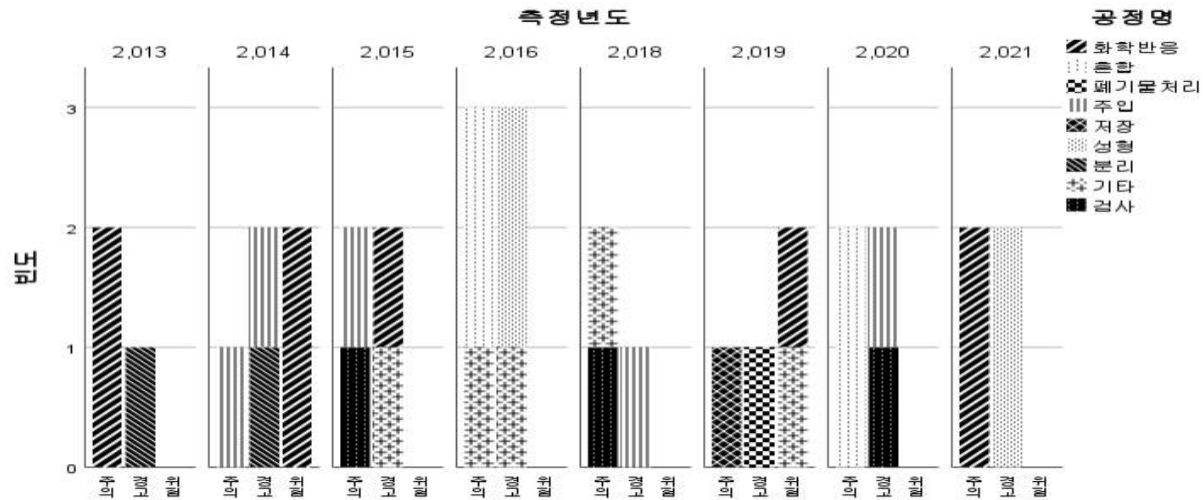
[그림 Ⅲ-25] 아크릴아미드의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화

니켈화합물 사용에 있어 위험공정은 주로 용접에서 관측되었으며 2020년 중독 및 사고 위험도가 높은 수준으로 관측되었다. 검사나 도금공정의 니켈 노출도 주의 수준 이상의 위험도가 관측되었다. 니켈카르보닐은 여기에 포함되지 않았는데 기타 공정에서 2013년 위험 수준의 관측 건수 1건, 2016년 경고수준의 관측 건수 1건이 확인되었다.



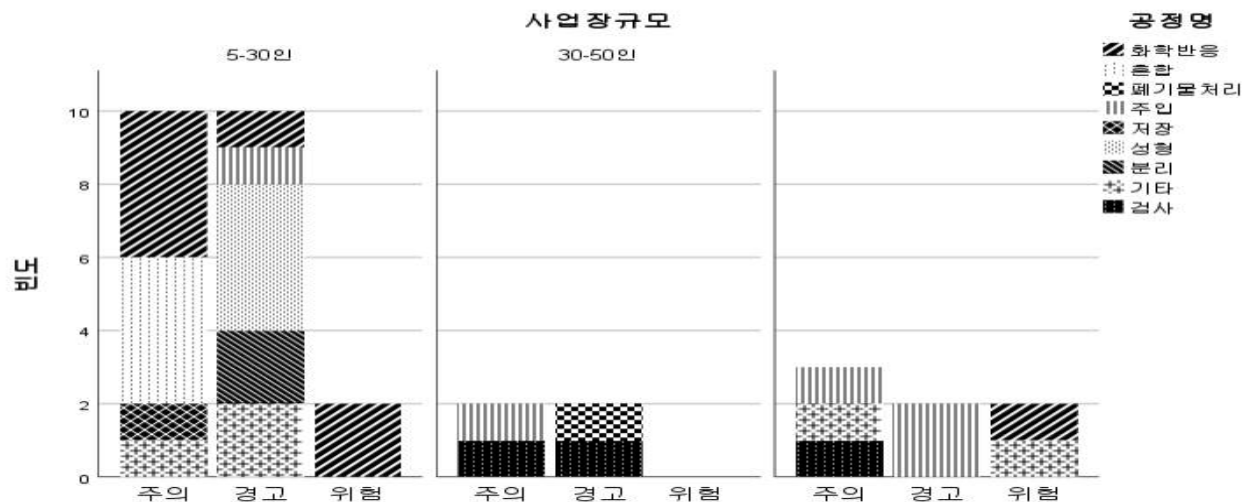
[그림 III-26] 니켈 및 화합물의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화

아크릴로니트릴은 위험수준에의 노출건은 화학반응공정에서 관측되었으나 최근 5년내에 검사, 성형, 주입, 폐기물, 혼합공정에서도 관측되었다.



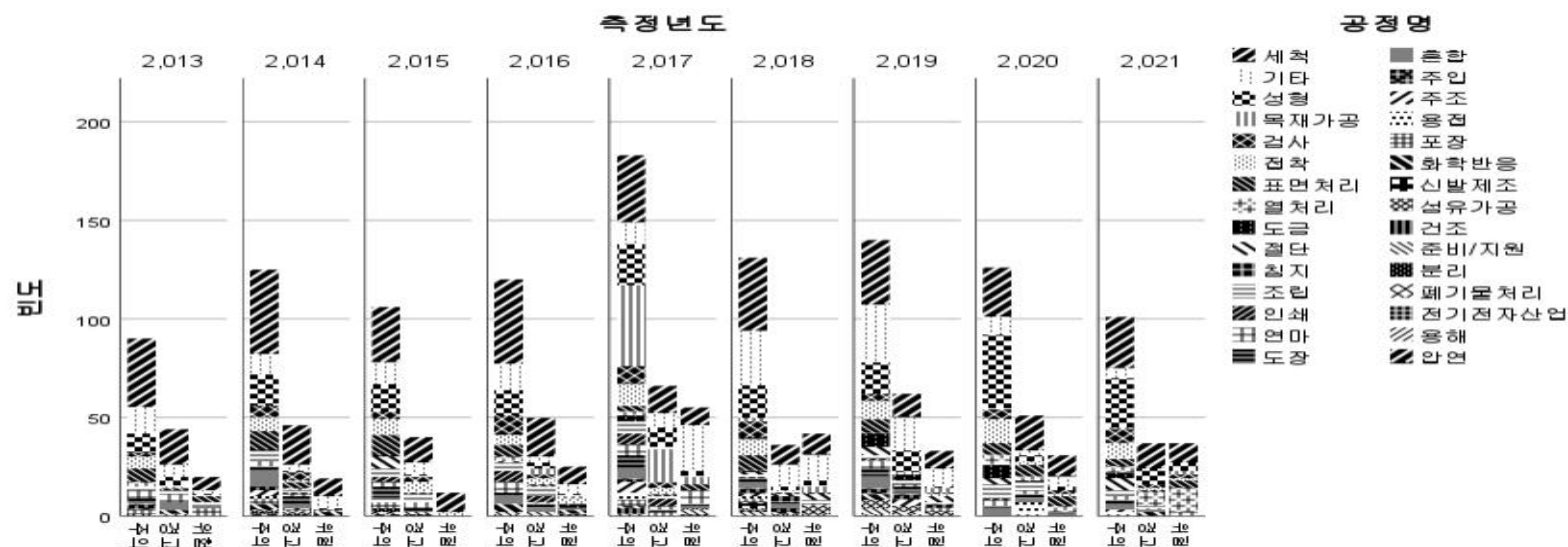
[그림 III-27] 아크릴로니트릴의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화

아크릴로니트릴의 중독사고 위험이 예측되는 공정은 전반적으로 낮으나 5-30인 규모에 다수 관측되고 있었다.



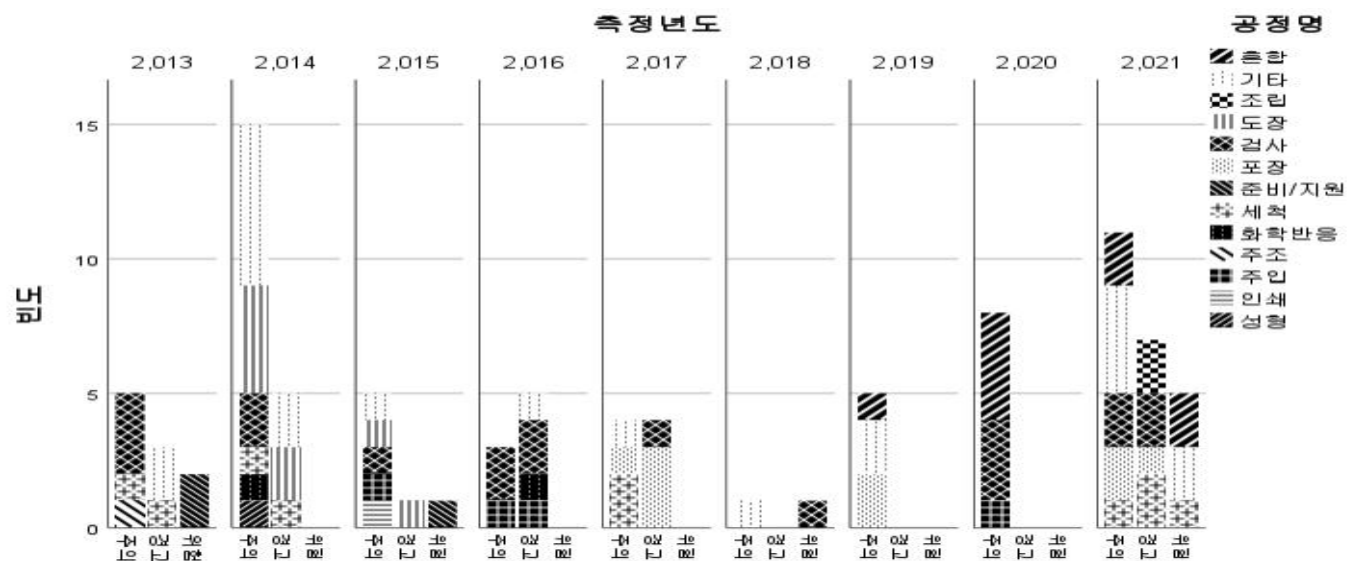
[그림 III-28] 아크릴로니트릴의 규모별 공정별 급성중독 위험도 분포

디클로로메탄 세척 공정에서의 위험 노출은 2013년도 이후로 지속적으로 관측되고 있으며 전반적으로 감소추세에 있으나 경계수준의 노출이 줄지 않고 있다. 혼합, 접착, 조립, 검사공정에서도 일부 관측되고 있다.



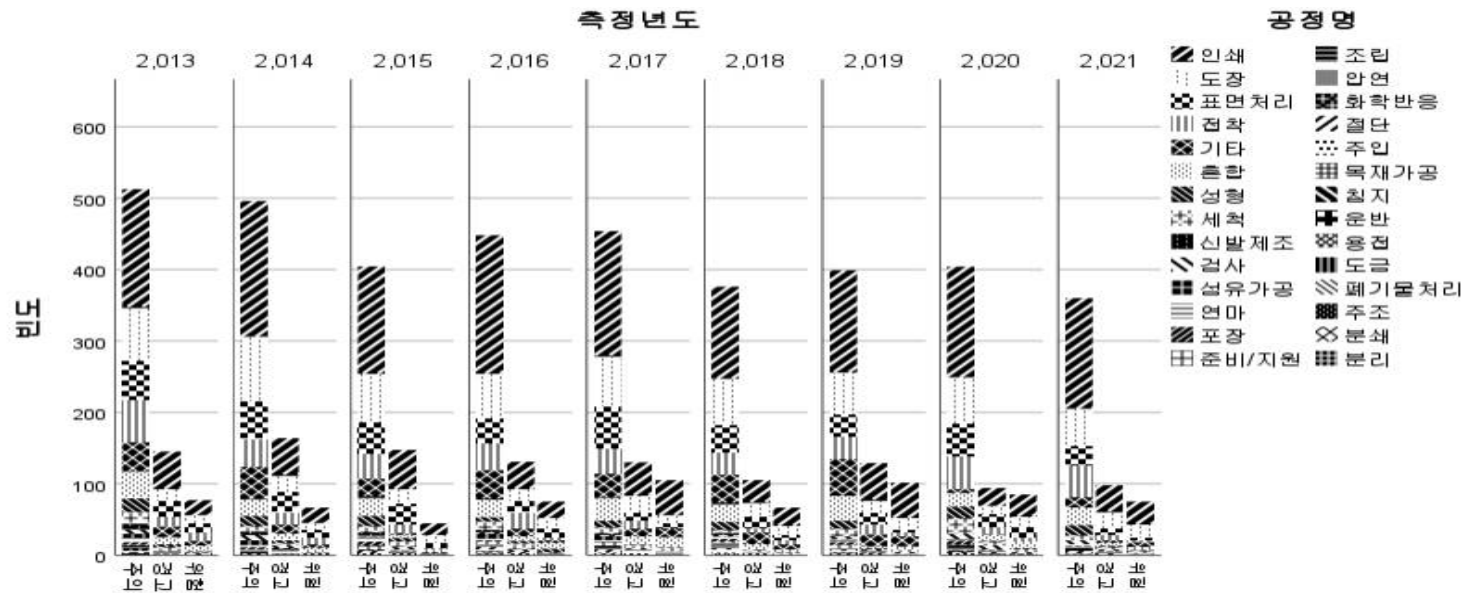
[그림 III-29] 디클로로메탄의 년도별 공정의 급성중독 위험도 변화

트리클로로메탄은 2014년 위험 수준의 공정이 다수 관찰되다가 2021년 주의 수준 이상의 공정이 다수 관측되는데 혼합, 기타, 세척 공정이 위험 수준에서 관측되었으며 조립, 검사, 포장 등 다양한 공정에서도 관측되었다.



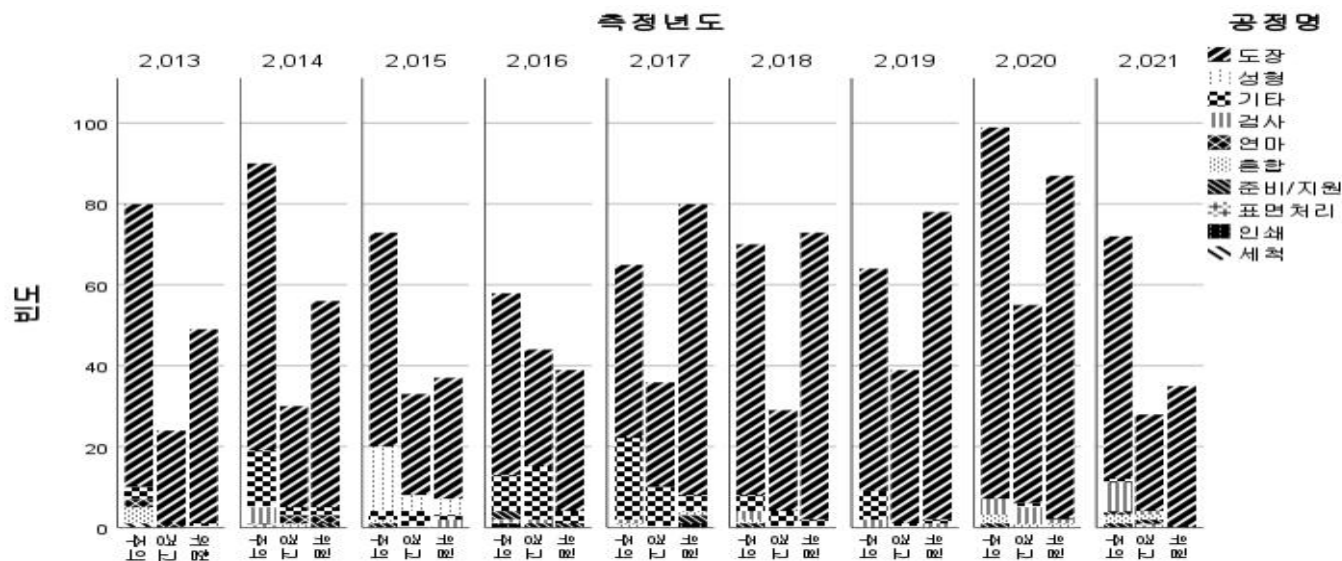
[그림 III-30] 트리클로로메탄의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화

톨루엔은 인쇄, 도장, 표면처리, 접착, 혼합 공정에서 주의 수준 이상의 중독사고 위험도가 지속적으로 관측되고 있다.



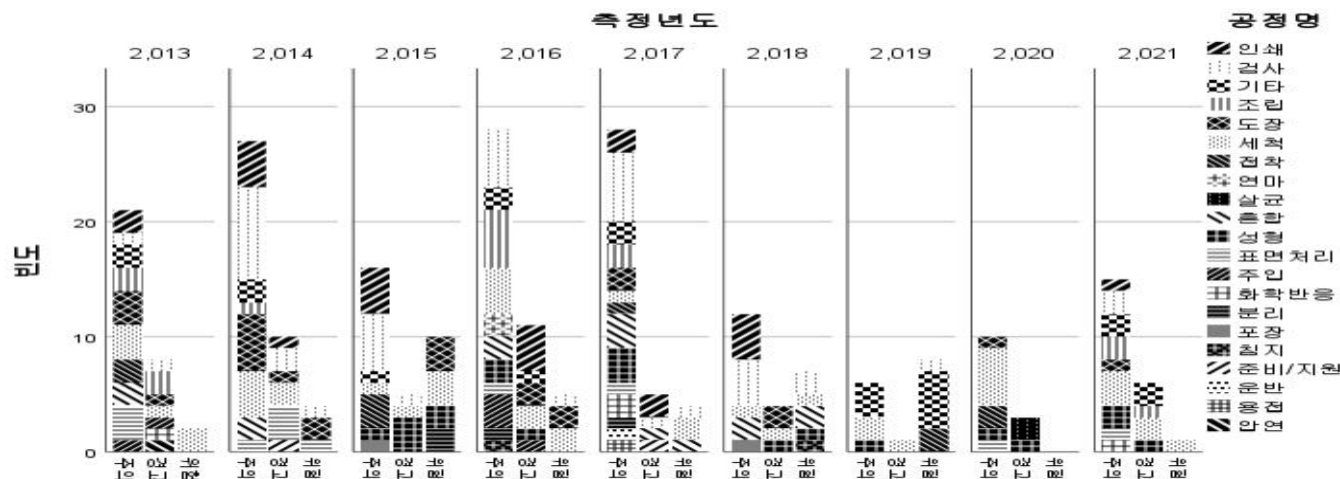
[그림 Ⅲ-31] 톨루엔의 공정별 연차별 급성중독위험도 변화

크실렌 노출의 위험공정은 도장, 성형, 기타, 검사, 연마공정의 순이며 연차별 위험공정의 분포가 유사하나 위험 수준에 있는 노출이 다수 관측되는 것이 특징이다.



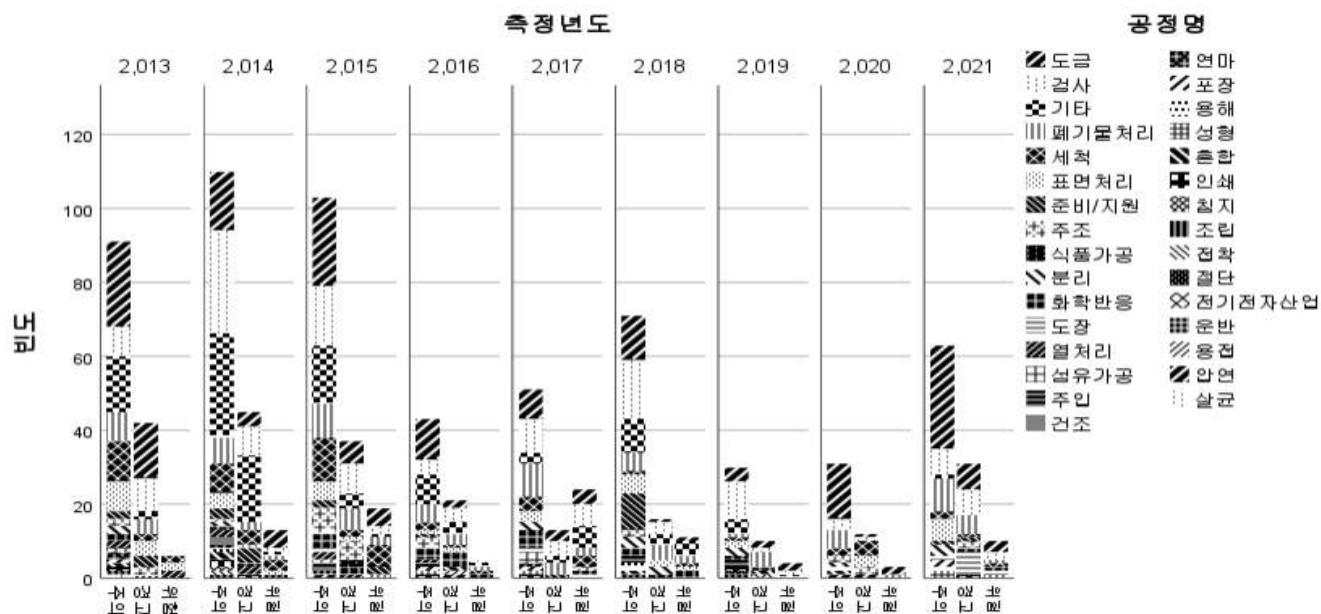
[그림 III-32] 크실렌의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화

노말헥산 노출의 위험공정은 인쇄, 검사, 기타, 조립 등의 순이며 2021년는 세척, 검사, 조립공정에서의 주의 이상의 위험 수준이 관측되었다.



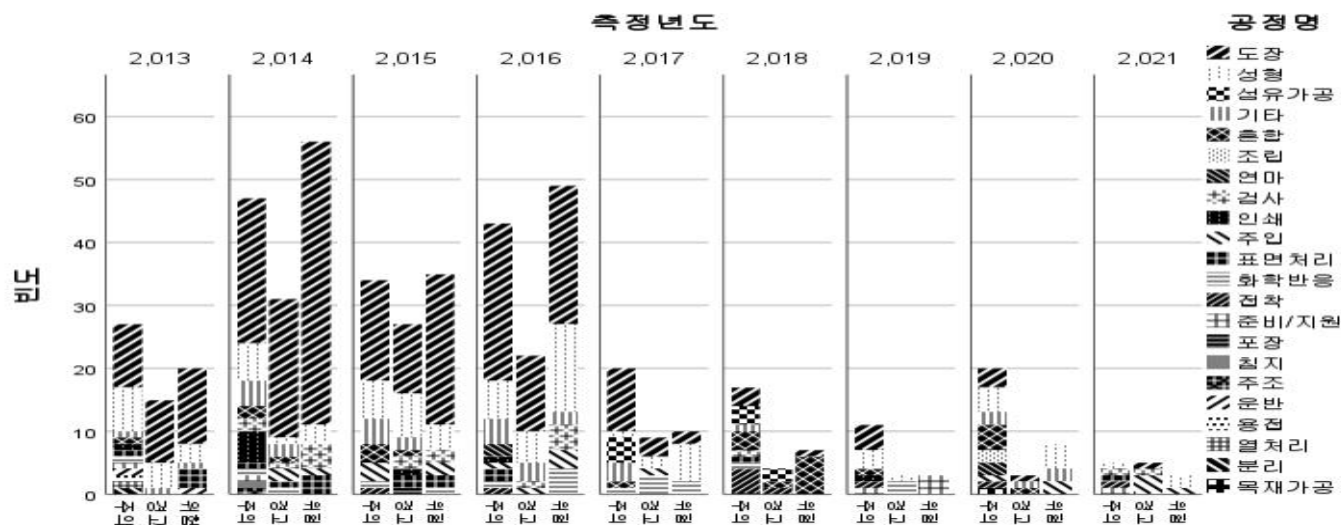
[그림 Ⅲ-33] 노말헥산의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화

황산의 위험공정은 도금, 검사, 폐기물처리, 세척, 표면처리등의 순이며 2021년는 도금, 검사, 세척, 폐기물처리 공정에서 위험수준이 「위험」으로 관측되었다.



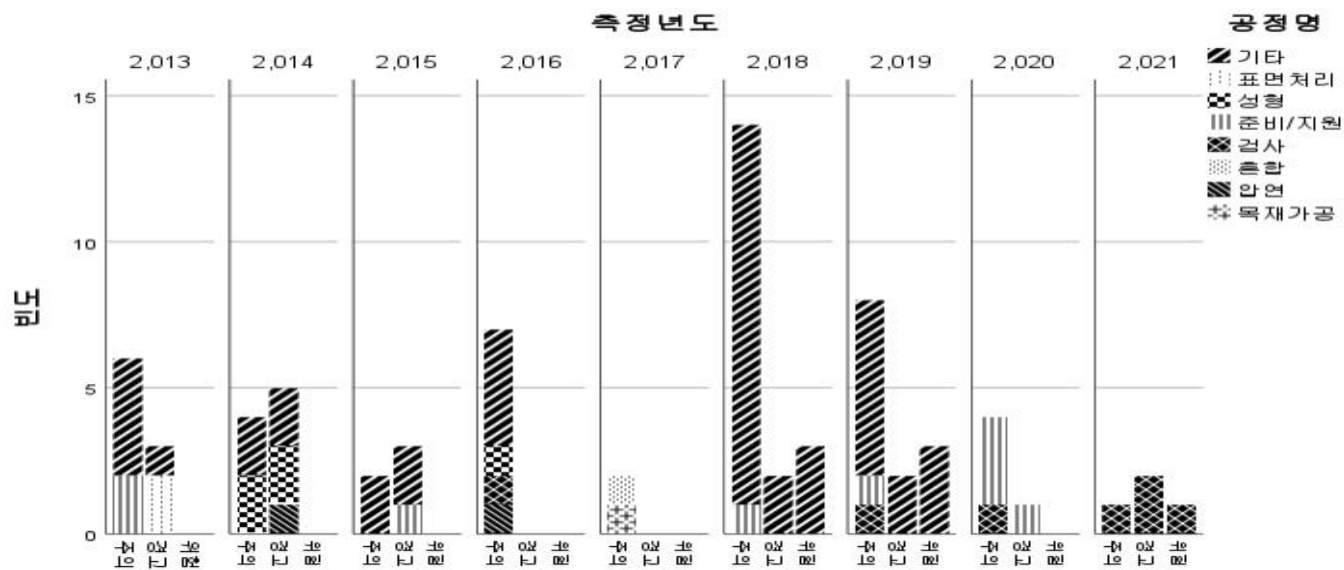
[그림 III-34] 황산의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화

다이소시아네트류(메틸렌비스페닐이소시아네이트, 헥사메틸렌다이소시아네이트, 톨루엔2,4-다이소시아네이트, 톨루엔2,6-다이소시아네이트) 사용의 위험공정은 주로 도장이었는데 최근 위험수준이 감소추세에 있으며 최근 3년 동안 성형, 주입, 기타, 주입공정이 「위험」 수준으로 관측되었다.



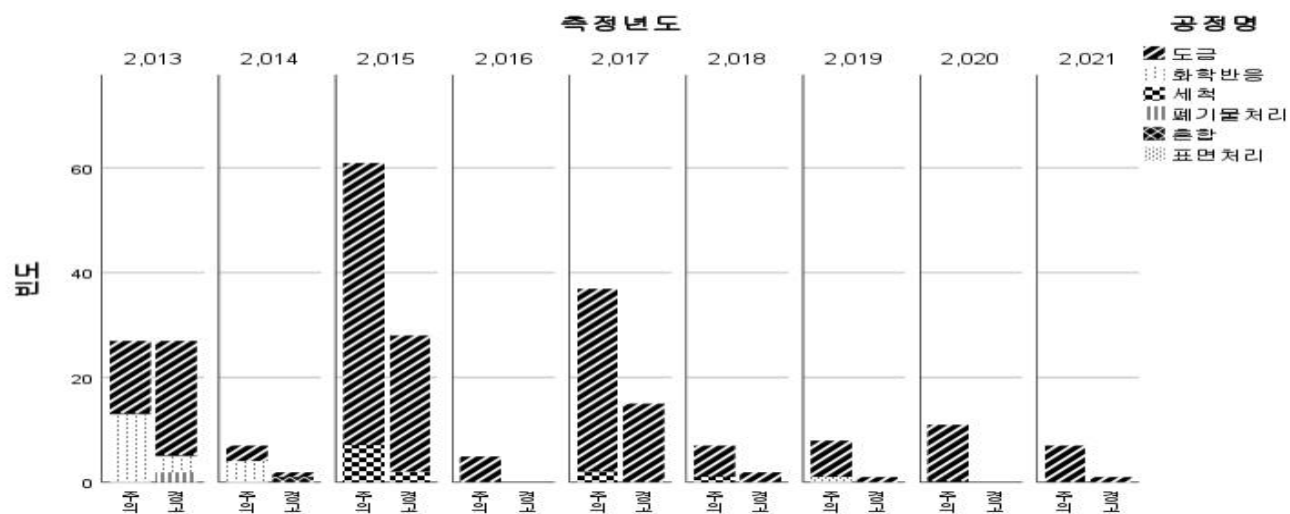
[그림 Ⅲ-35] 다이소시아네트류의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화

염화비닐의 위험공정 관측 건수는 전반적으로 많지 않으나 최근 5년 동안은 기타공정이 가장 많았으며 준비 및 지원, 검사공정이 위험공정으로 관측되었다.

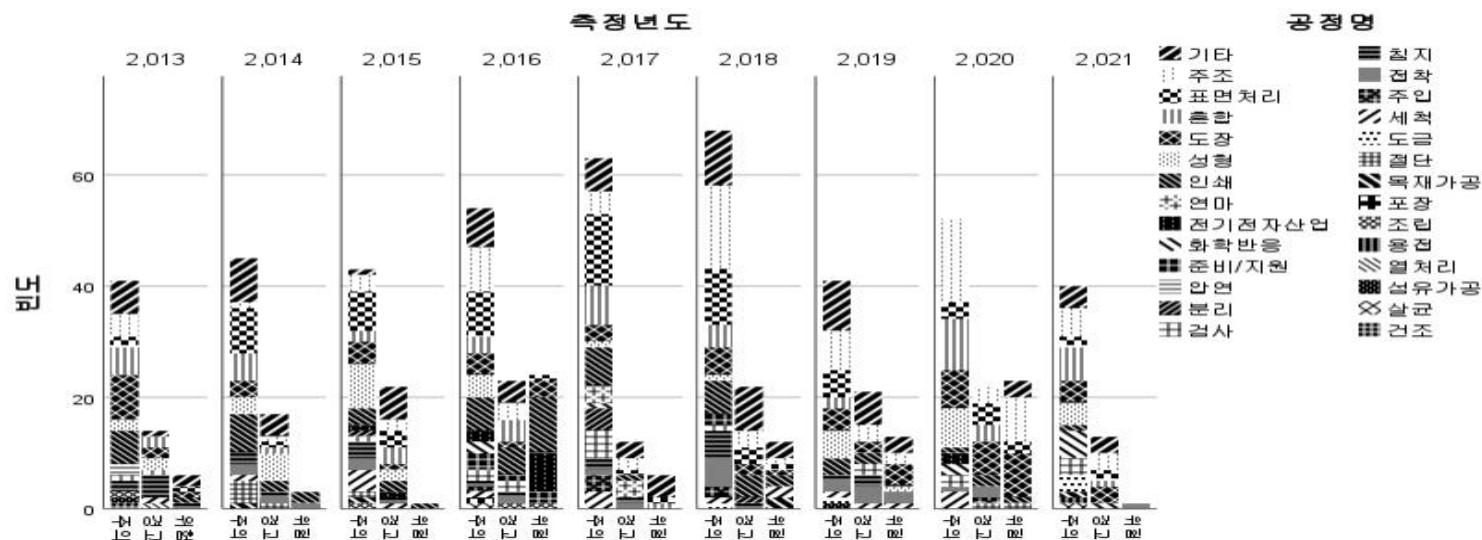


[그림 III-36] 염화비닐의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화

시안화수소 위험수준의 중독사고 위험도는 관측되지 않으나 경고 수준의 위험도를 나타내는 위험도가 2013~2015 화학반응이나 도금공정에서 다수 나타났으나, 최근 2년간의 주의 수준에서의 위험도가 도금공정에서 주로 관측되고 있어 중독사고 위험도는 낮아지고 있는 것으로 판단된다.

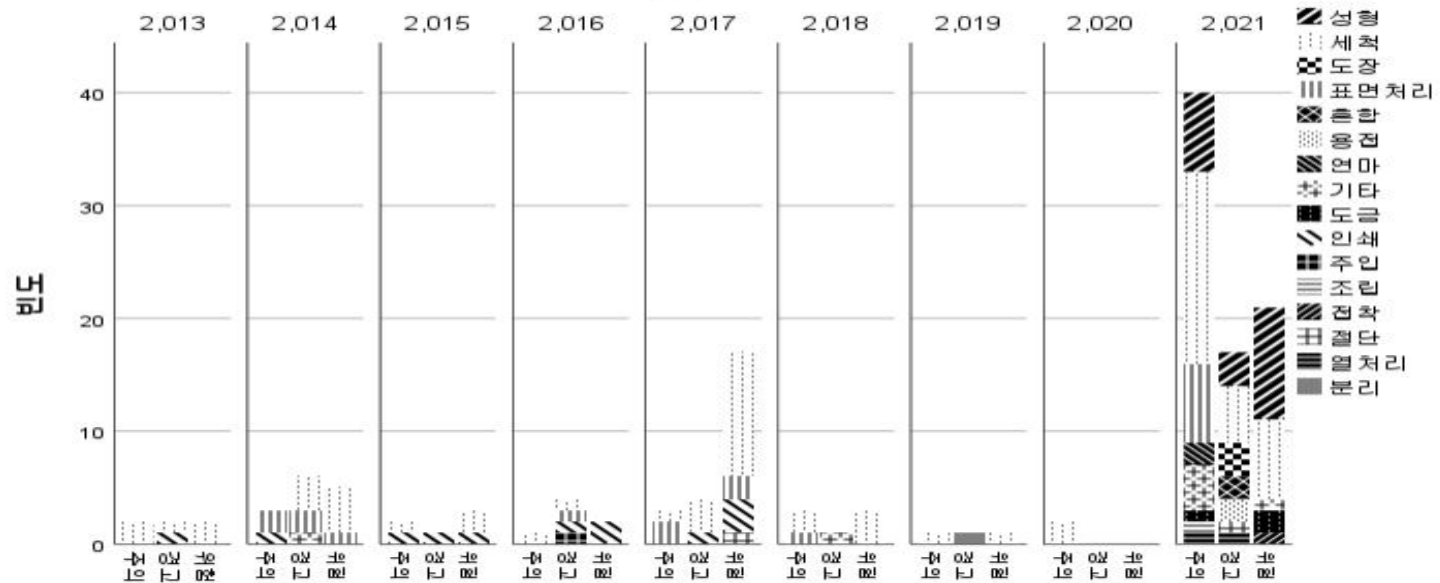


[그림 Ⅲ-37] 시안화수소의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화



[그림 III-38] 메탄올의 공정별 년차별 급성중독 위험도 변화

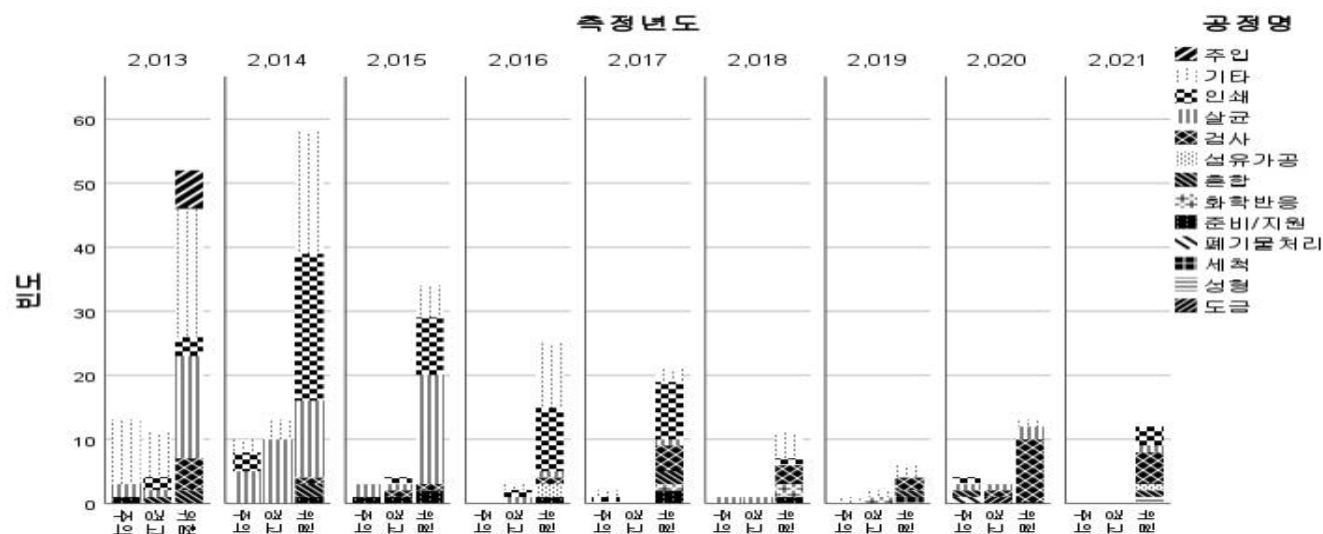
메탄올 노출 공정은 다양하다. 주조공정에서 메탄올의 노출 초과가 지속적으로 확인되어 급성중독사고위험이 높
이 유지되었으며, 도장, 혼합, 성형공정에서도 주의 수준 이상의 중독사고위험도가 관측되었다. 2021년 접착공정
에서 메탄올 초과가 확인되었다.



[그림 III-39] 1,2-디클로로프로판의 공정별 연차별 급성중독 위험도 변화

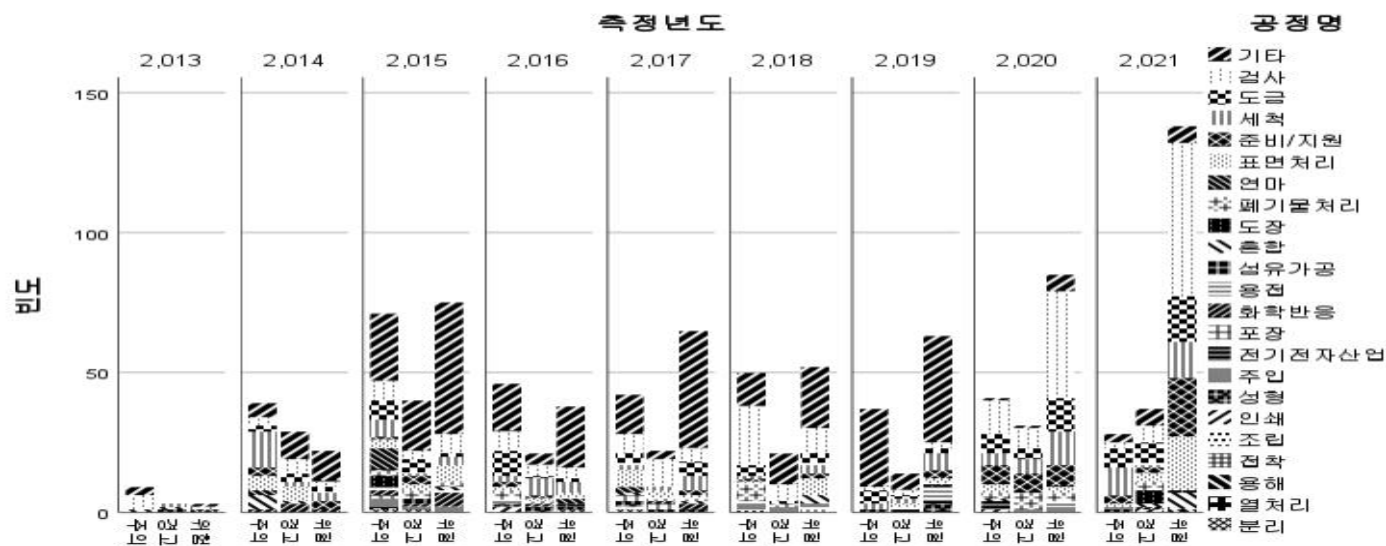
전반적인 건수는 많지 않으나, 1,2-디클로로프로판 노출이 「위험」 수준에 있는 사례가 2021년에 다수 관측되며, 위험공정도 다양해졌다. 2021년 성형 및 세척, 도금, 접착, 기타 공정에서 중독사고 위험도가 「위험」 수준에 있다.

전반적인 건수는 많지 않으나, 글루타르알데히드의 노출이 「위험」 수준에 있는 공정이 2021년에 다수 관측되며, 인쇄, 살균, 검사, 혼합등 의 공정이 위험 수준에 노출되어 있다.

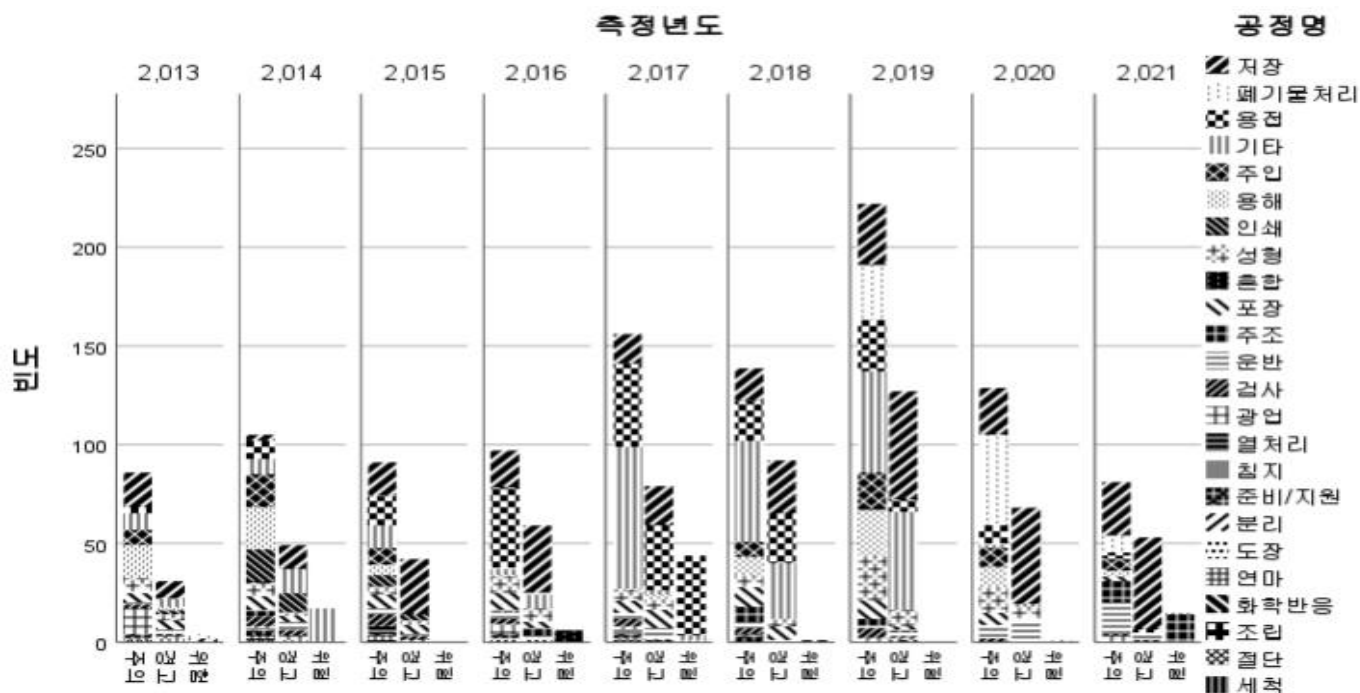


[그림 III-40] 글루타르알데히드의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화

불화수소의 노출 위험도가 높은 공정이 기타 공정, 검사, 도금, 세척, 준비 및 지원, 표면처리 공정의 순으로 다양한 측면에서 관측되었다.

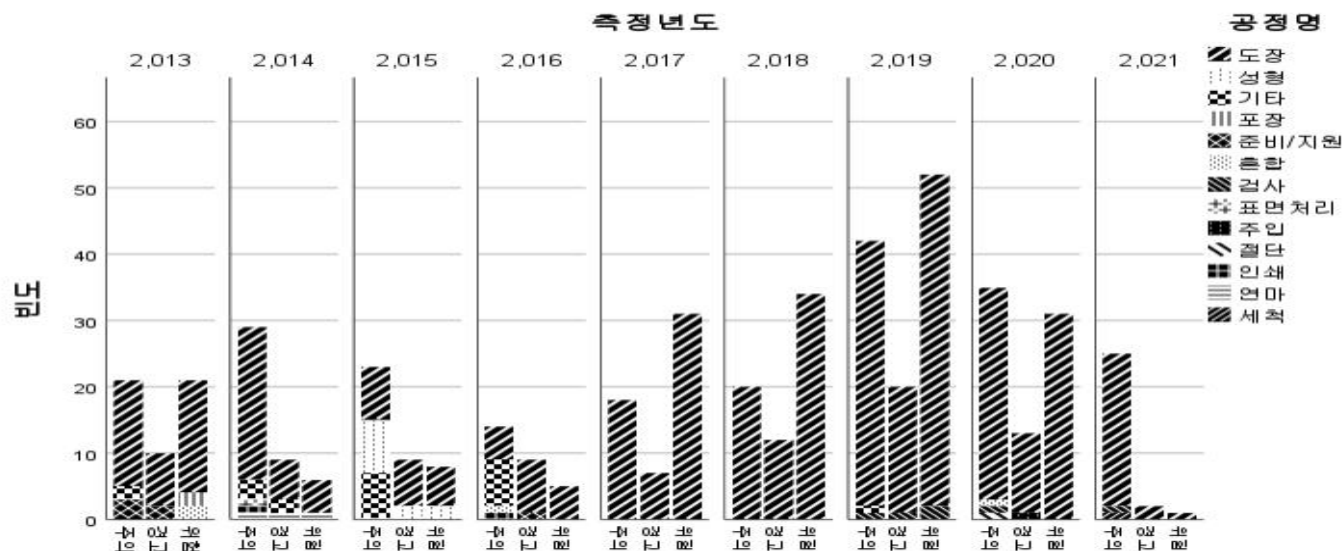


[그림 III-41] 불화수소의 연차별 공정별 급성중독 위험도 변화



[그림 III-42] 일산화탄소의 공정별 급성중독 위험도 변화

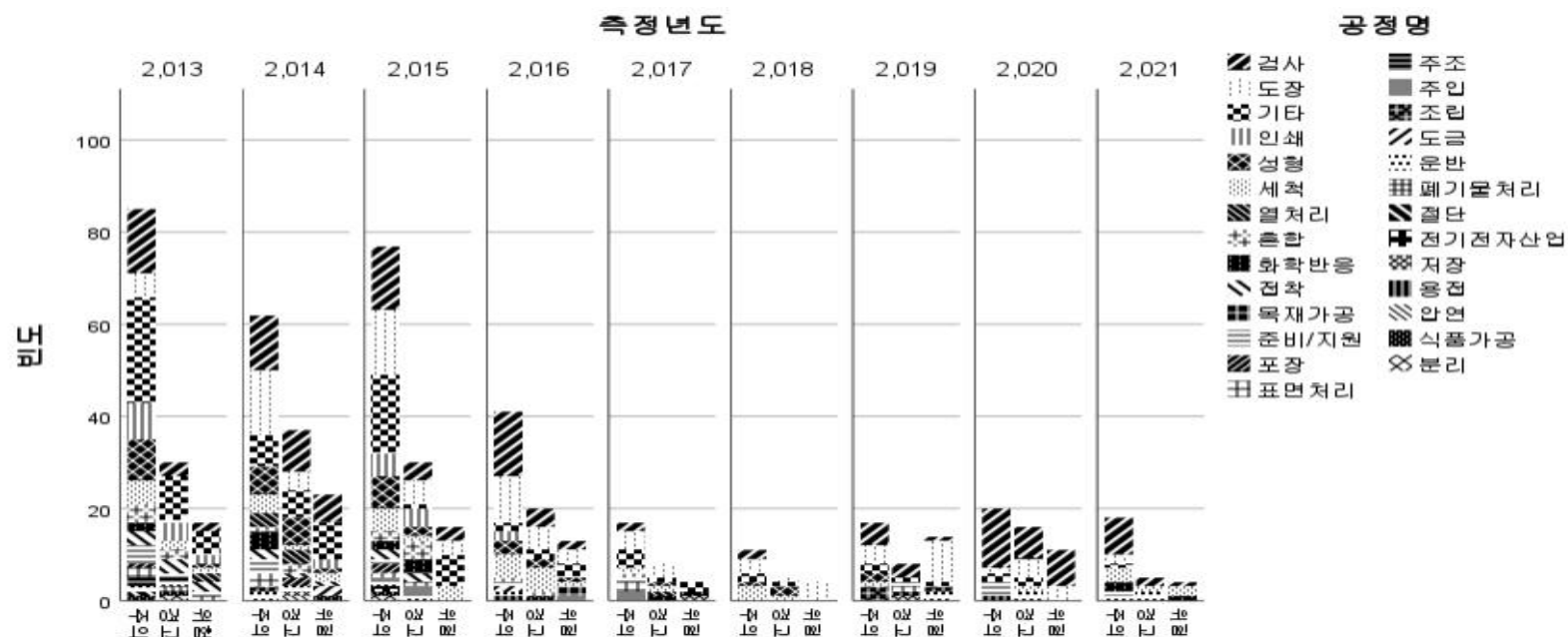
일산화탄소의 노출은 주의 수준 이상의 위험도가 관측되며 저장공정에서 가장 많았는데, 주의할 것은 위험 수준의 노출은 극히 낮았지만 경계수준의 노출이 많았다는 점에 유의해야 한다. 기타, 용접 및 포장에서의 건수가 다수 관측되었다. 2021년 측정에서는 구조공정에서의 일산화탄소의 중독사고 위험도가 높게 관측되었다.



[그림 III-43] 에틸벤젠의 공정별 급성중독 위험도변화

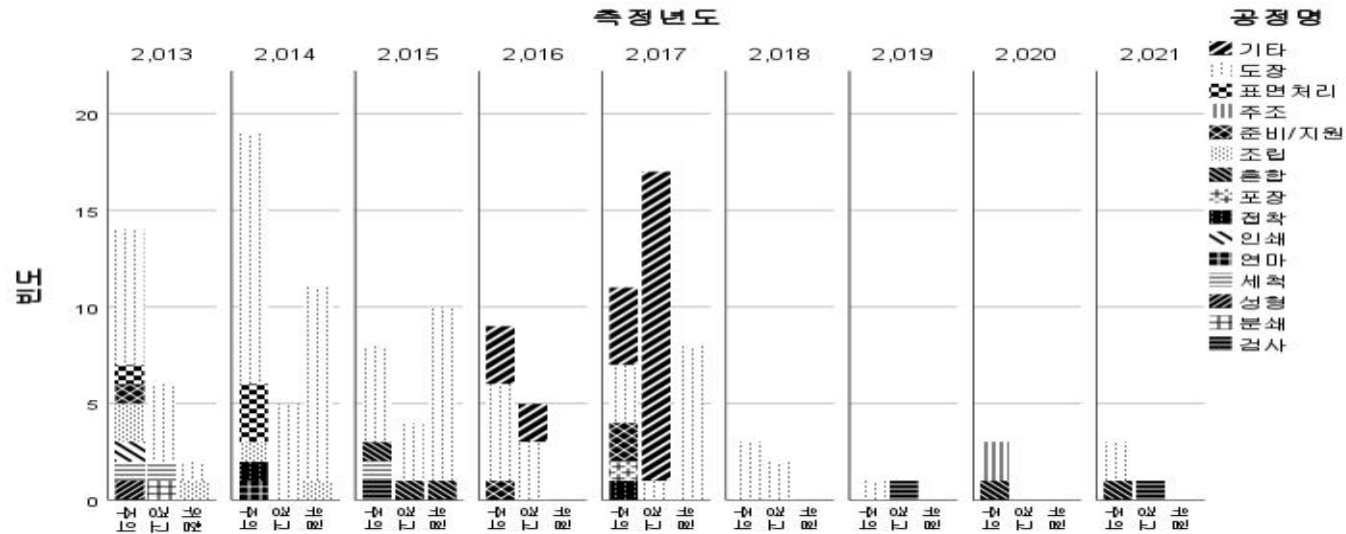
에틸벤젠의 공정 내 「주의」 이상의 위험도가 도장작업에서 다수 나타났고, 2019년에 위험도가 아주 높았다가 2021년도에는 경고 수준 이상의 위험도가 급격히 감소하였다.

벤젠 사용공정에서 현재 위험 노출 공정수가 감소하고 있다. 그러나 검사, 도장공정에서 중독사고 위험도 수준이 「위험」 수준으로 여전히 관측되며 2021년에는 세척 공정에서의 위험 노출도 관측되었다.



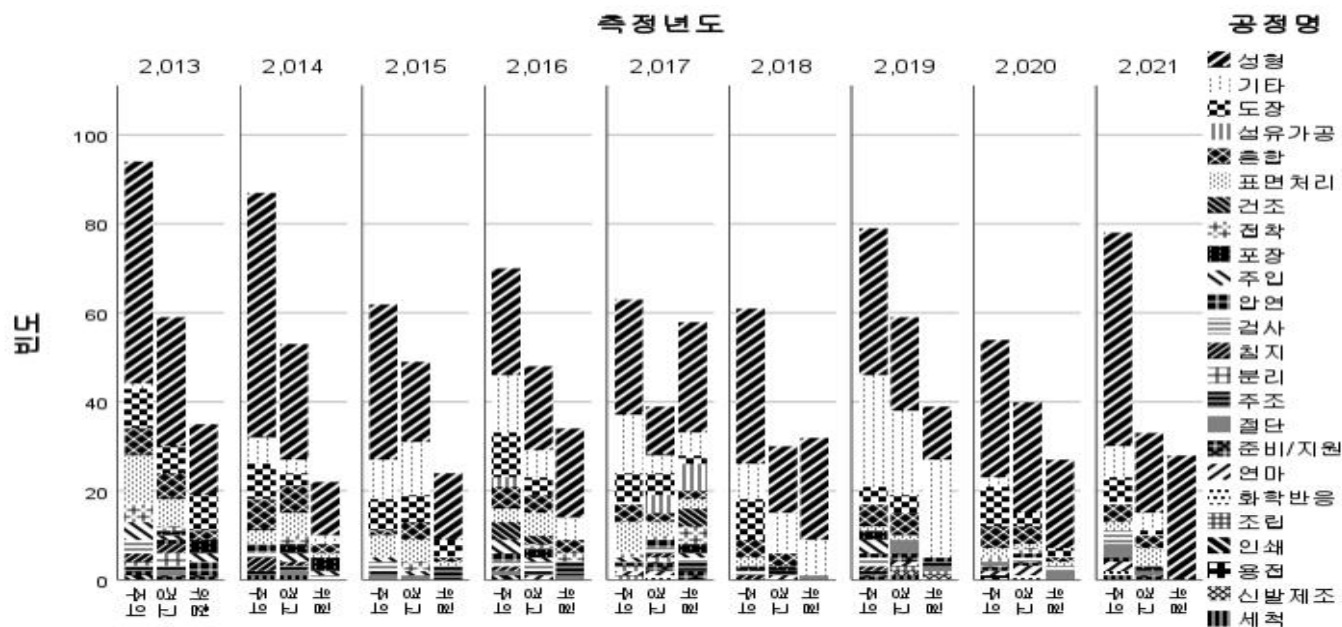
[그림 III-44] 벤젠의 공정별 년차별 급성중독 위험도 변화

스토다드솔벤트 사용 위험공정은 기타 공정이며 도장, 표면처리, 주조공정의 순으로 높았다. 최근 3년 동안은 도장, 혼합, 검사, 주조공정에서 위험 노출이 관측되었다.

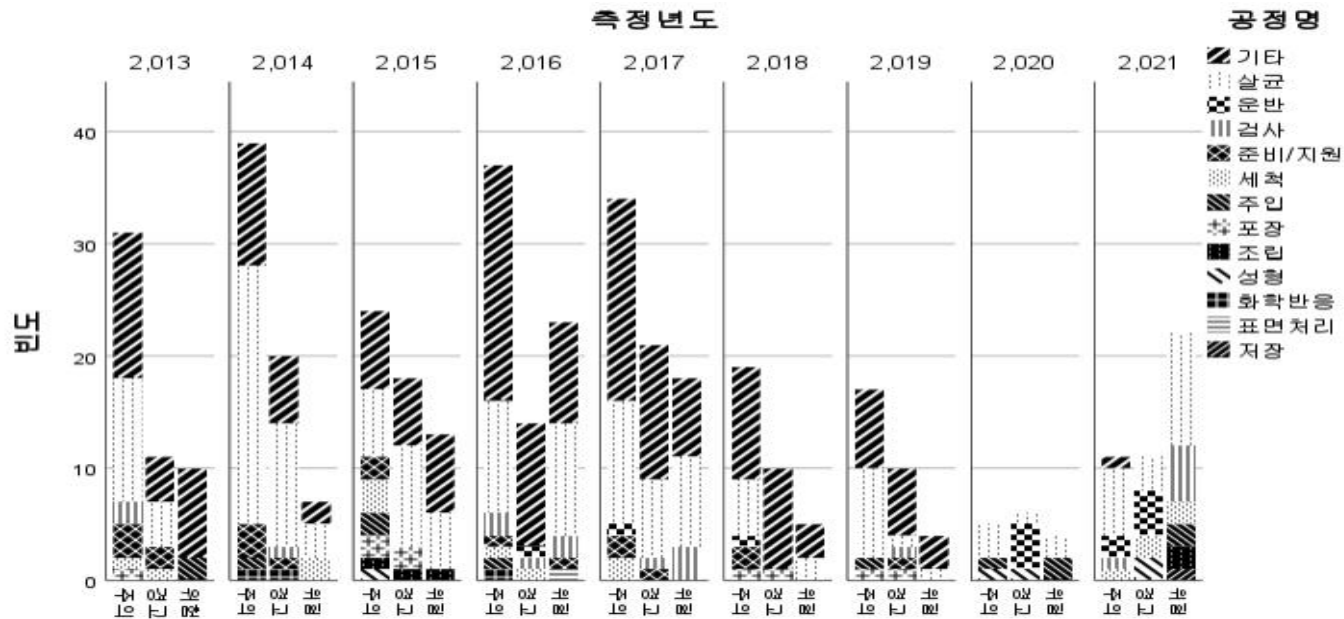


[그림 III-45] 스토다드솔벤트의 공정별 년차별 중독사고 위험도 변화

스티렌은 성형공정에의 지속적 노출이 「위험」함이 확인되었다. 2021년 기타, 도장, 혼합, 표면처리 등 다양한 공정에서 중독사고 위험수준이 경고이상으로 나타났다.



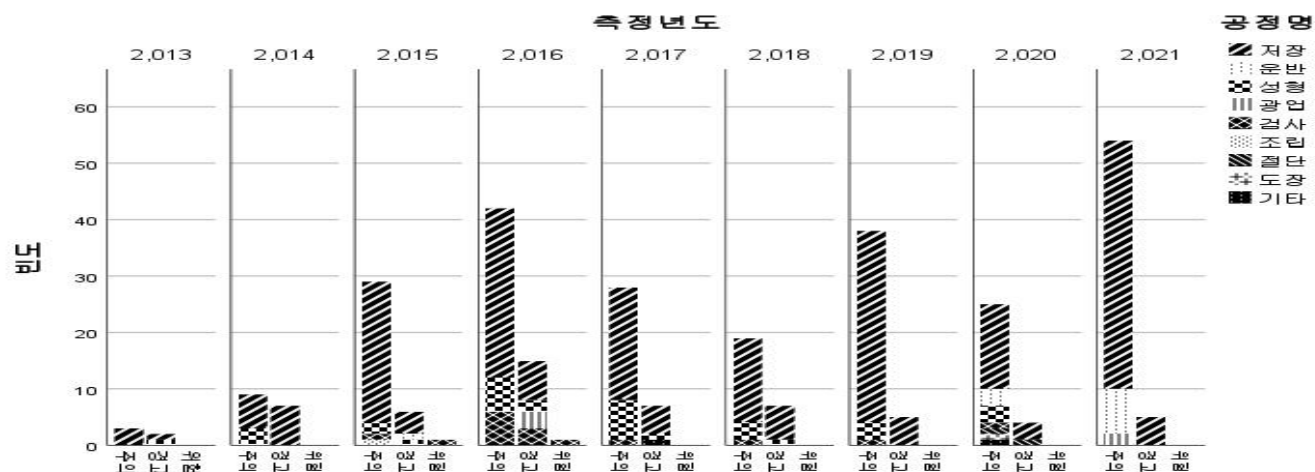
[그림 III-46] 스티렌 사용공정의 연차별 급성중독 위험도 변화



[그림 Ⅲ-47] 산화에틸렌 사용공정의 연차별 급성중독 위험도 변화

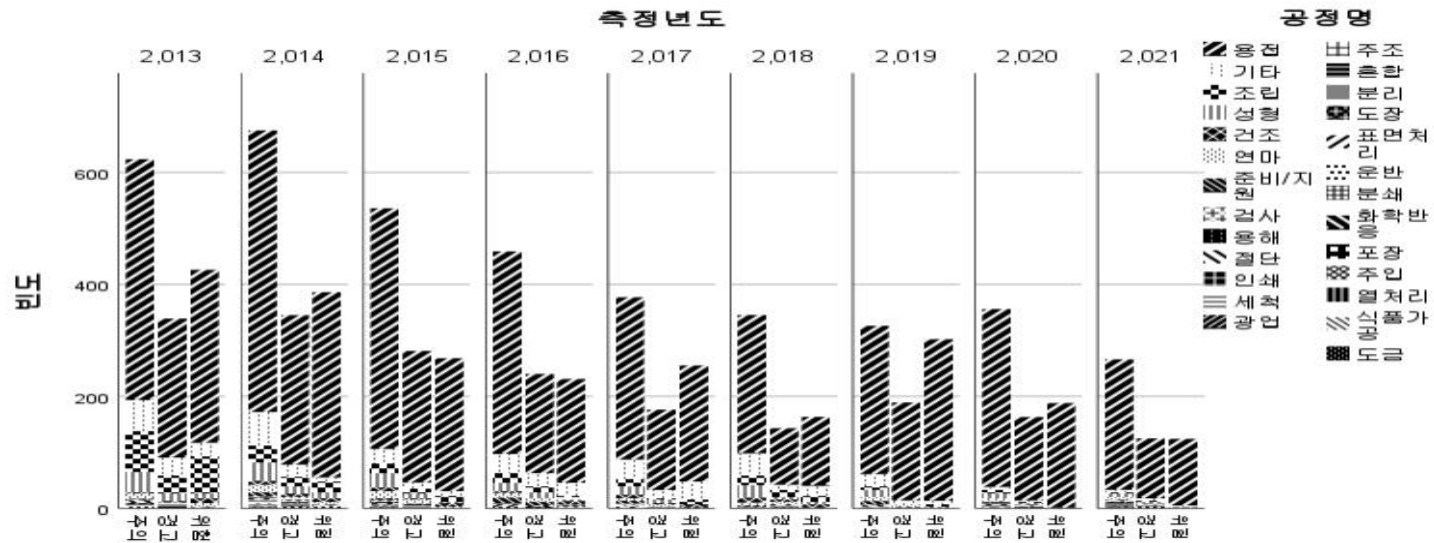
산화에틸렌의 노출 위험공정은 살균, 검사, 세척, 주입, 조립 공정등에서 위험 수준의 위험도를 보였다.

이산화질소의 노출 위험공정은 저장, 운반, 성형, 광업 등의 순이며, 저장공정에의 위험도는 지속되는 경향성을 보이고 있고, 최근 2년 동안 운반공정이 위험공정으로 관측되었다.



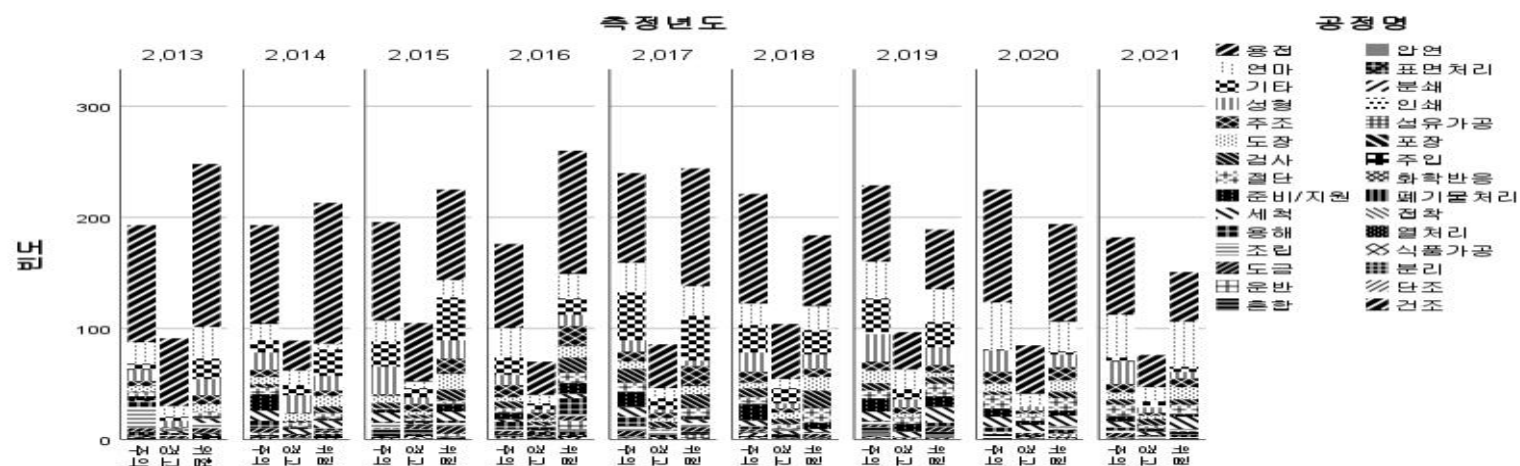
[그림 Ⅲ-48] 이산화질소 사용공정의 연차별 급성중독 위험도 변화

망간 중독사고 가능성은 대부분 용접공정에서 관측되었고 위험 수준이 감소와 증가를 반복하면서 위험 수준을 일정하게 유지하고 있었다.



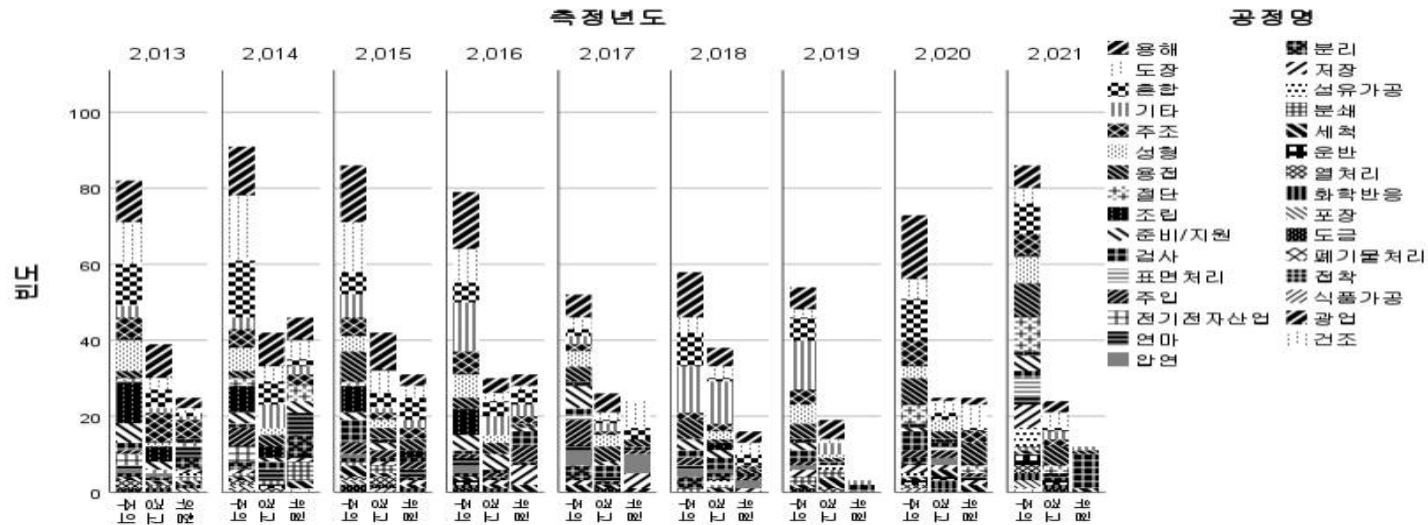
[그림 III-49] 망간의 공정별 급성중독 위험도 변화

크롬 및 크롬 3가에 대한 공정별 위험도는 위험, 경계, 주의 수준의 순으로 분포되고 있으며 가장 많이 관측된 건이 용접 공정이었다. 연마, 기타, 성형, 검사, 주조, 준비지원, 절단, 용해 공정에서 주의 수준 이상의 위험도가 관측되었다.



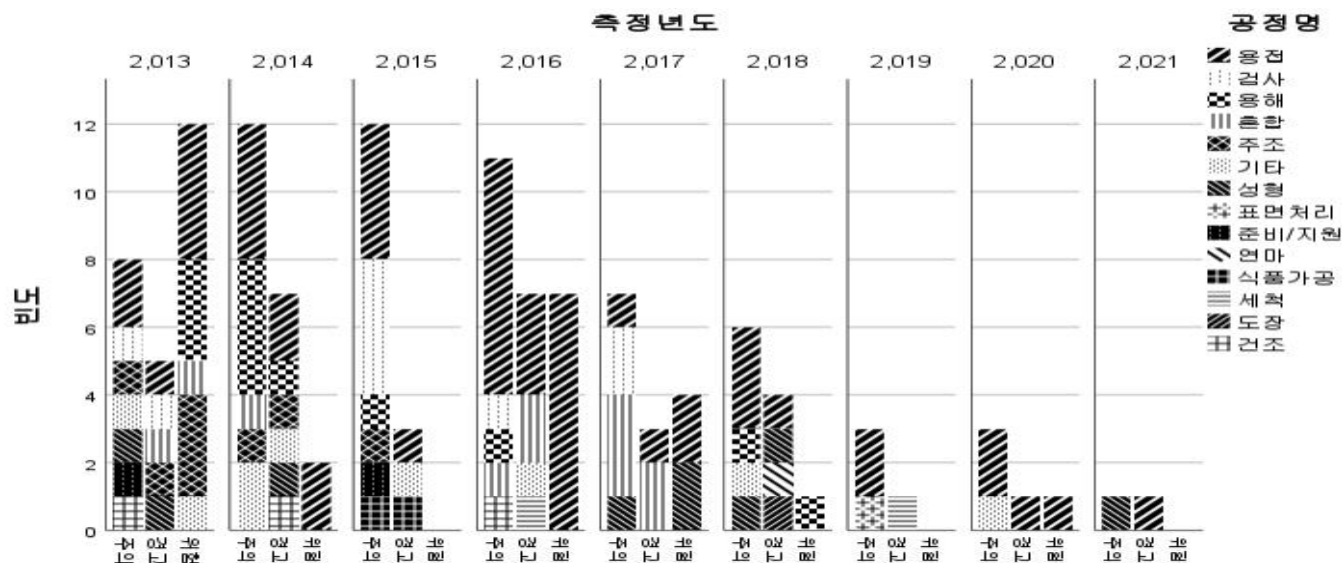
[그림 III-50] 크롬 및 3가크롬 사용공정의 급성중독 위험도 변화

납 및 무기화합물의 연차별 급성중독 위험도는 주의 수준 이상의 건수를 지속적으로 유지해 왔고 2021년도에 위험 수준이 전년 대비 감소하였다. 납 및 무기화합물의 공정별 급성중독위험도가 있음에 가장 많이 분포한 공정이 용해공정이며, 용해, 혼합, 도장, 검사공정에서도 경고 수준 이상의 위험이 다수 확인되었다.



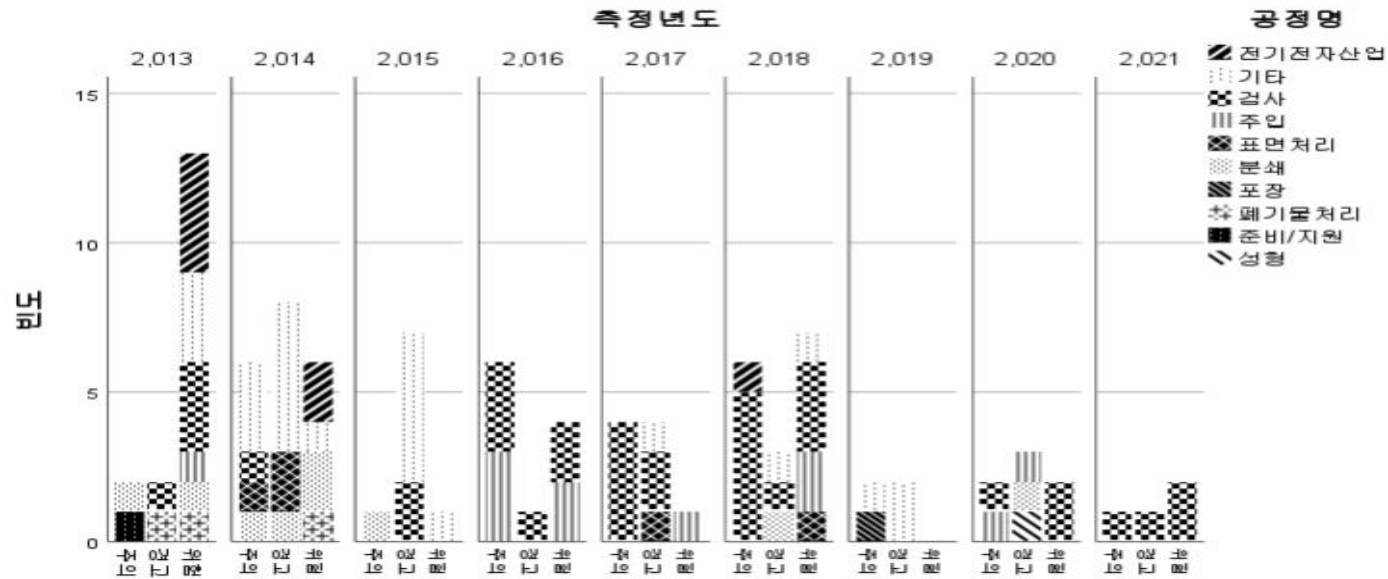
[그림 Ⅲ-51] 납 및 무기화합물의 연차별 급성중독 위험도 변화

카드뮴의 위험공정은 용접, 검사, 용해, 혼합공정의 순이고 최근 3년 동안 중독사고위험도 주의 수준 이상의 위험공정은 용접, 도장, 표면처리, 세척, 연마공정이다.



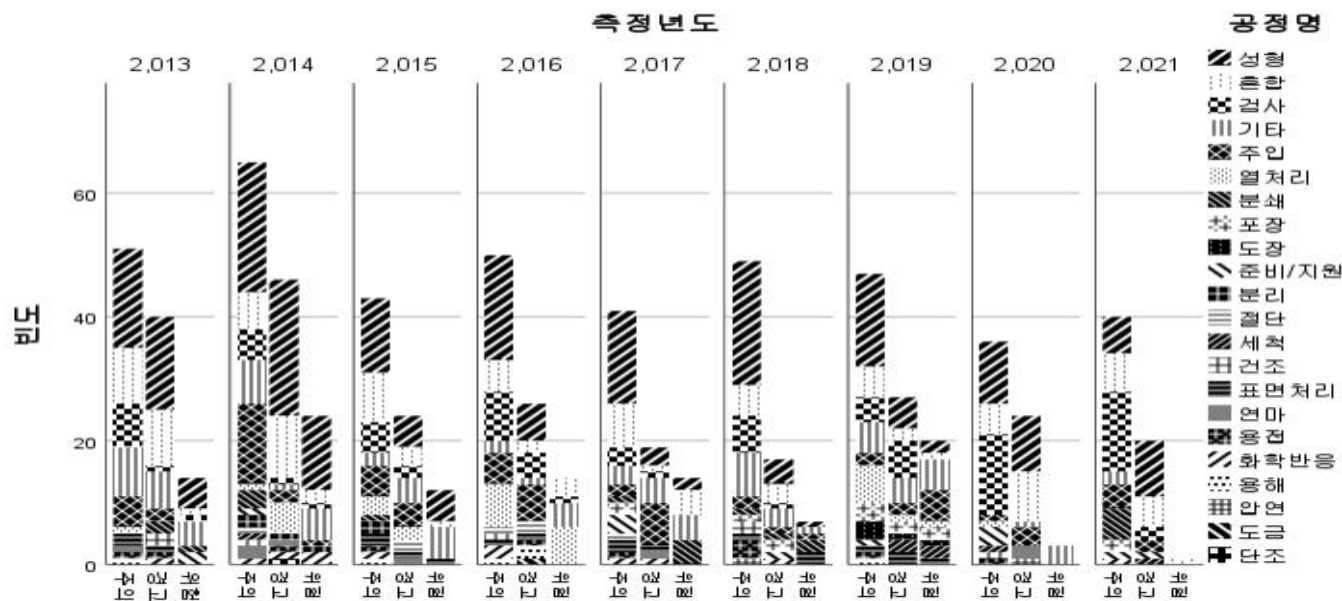
[그림 III-52] 카드뮴의 년차별 급성중독 위험도 변화

수은화합물에서의 위험공정의 관측지는 전반적으로 낮았으나 2013, 2014년은 전기전자산업에서의 위험노출이 주로 관측되었으나 최근 3년은 검사, 주입, 분쇄, 성형공정에서 주로 관측되었다.



[그림 III-53] 수은 사용 공정의 급성중독 위험도 변화

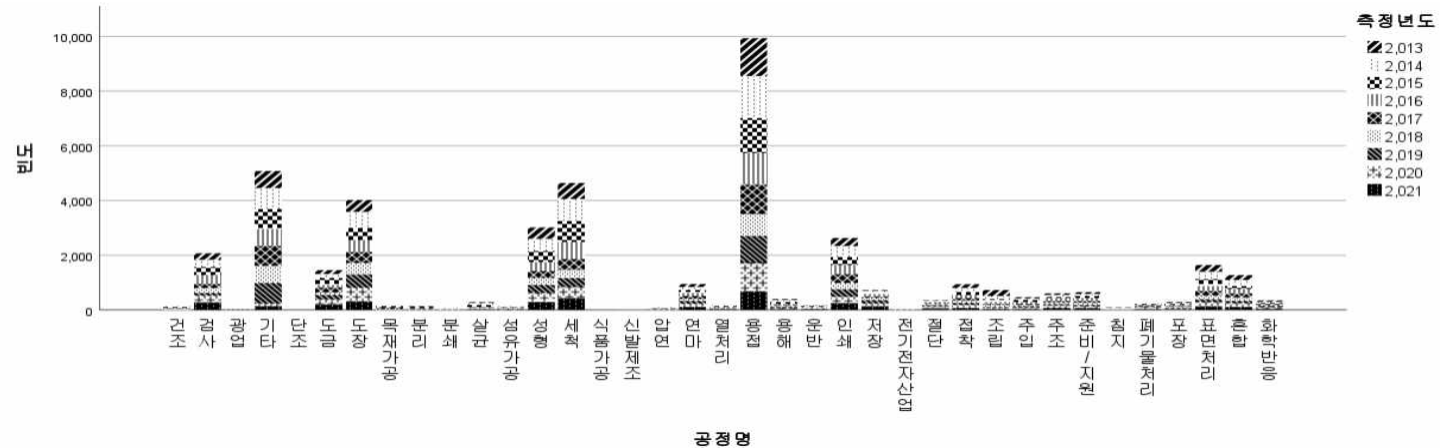
코발트의 위험공정은 성형에서 가장 많이 관측되었으며 최근 3년 동안의 노출 기준 초과 공정사례는 기타, 혼합 공정, 성형, 주입, 포장 등 다양한 공정에서 관측되었다.



[그림 III-54] 코발트의 년차별 급성중독 위험도 변화

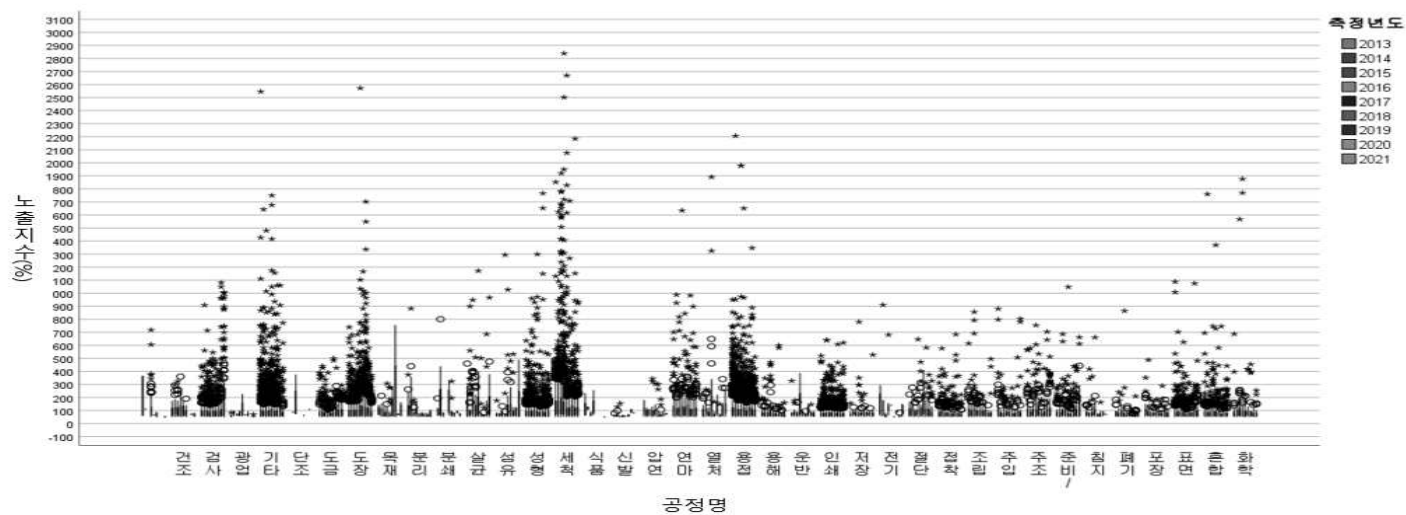
(4) 공정별 급성중독사고 위험

급성중독사고 위험상위물질의 위험성이 주의 수준 이상으로 확인되는 공정이 용접으로 연단위로 일정한 건수를 유지하고 있으며, 세척 및 도장공정은 2016년까지 줄어드는 추세를 보이다가 일정 수준 이상의 건수를 유지하였다.



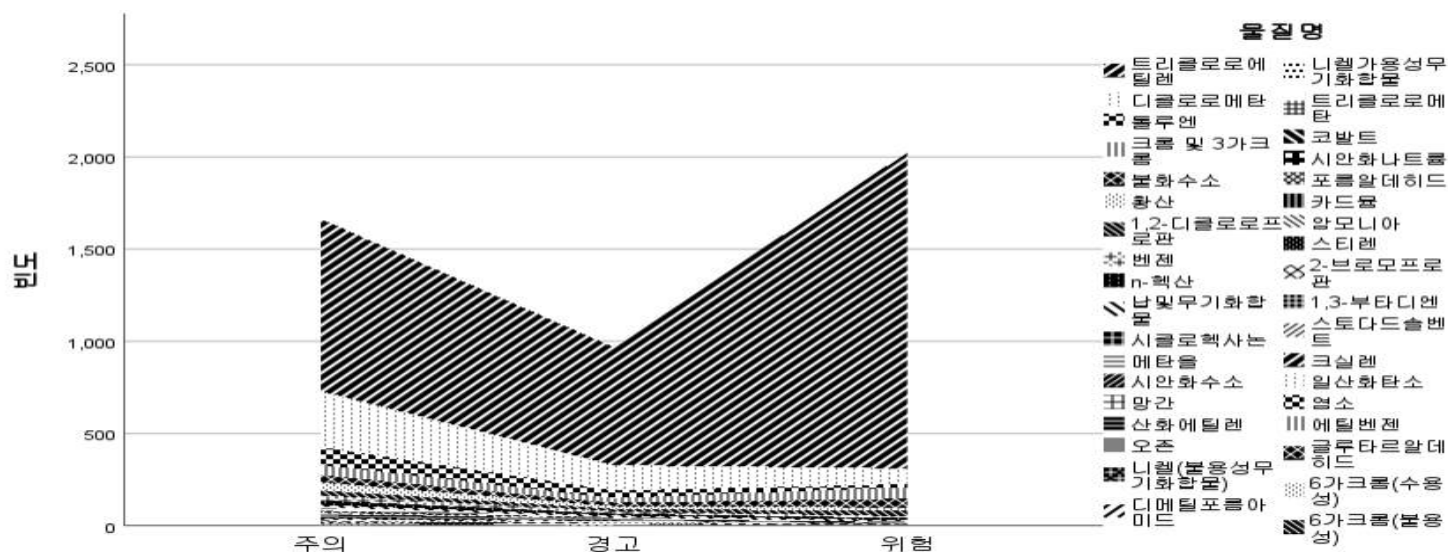
[그림 III-55] 급성중독위험 상위 물질 공정의 연차별 위험도 변화

세척 작업의 급성중독 위험단계(노출지수 100% 이상)에 많이 분포하는 사례가 많았다. 용접, 도장, 도금, 검사 등의 공정에서도 노출지수가 높은 사례가 많이 확인된다.



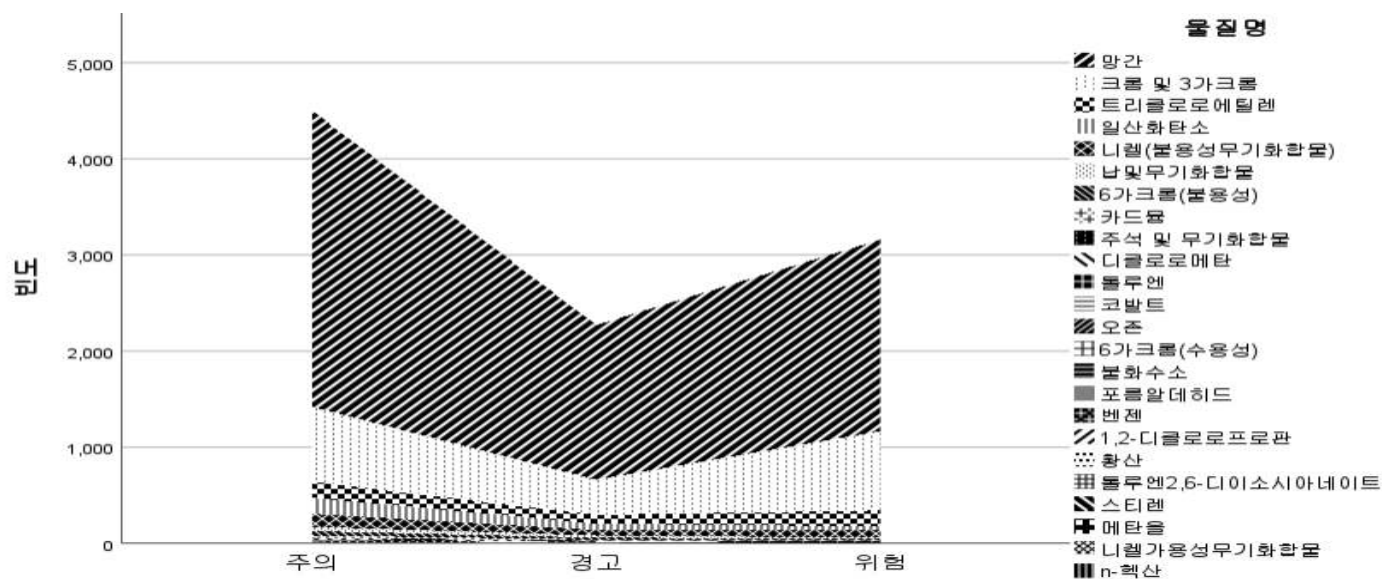
[그림 III-56] 연도별 급성독성물질 사용 공정별 위험도 변화

세척 공정에서 위험 수준(노출지수 100 이상)의 노출 건수가 가장 많은 건이 허용기준 물질인 트리클로로에틸렌을 사용하는 작업장인데 위험 수준의 노출 형태가 가장 많았다. 디클로로메탄이 세척공정에서 다음으로 많은 노출이 관측되고, 톨루엔, 황산, 불화수소, 1,2-디클로로프로판에서는 주의, 경고, 위험 수준의 분포가 유사하였다.



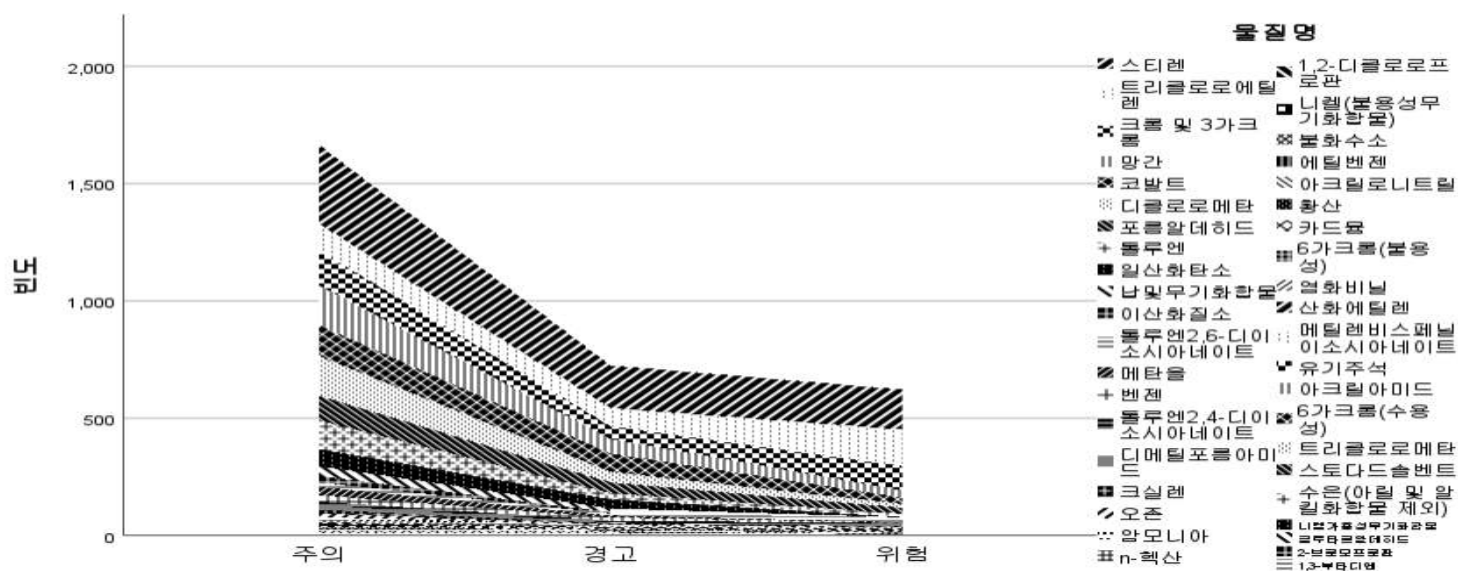
[그림 Ⅲ-57] 세척 공정에서의 물질별 급성중독 위험노출수준

용접 공정에서 망간, 크롬 및 3가 크롬, 트리클로로에틸렌, 일산화탄소, 니켈의 위험 노출 건이 순차적으로 많은 것으로 확인된다. 특이한 것은 용접공정에서의 위험노출물질 3위를 기록한 것이 트리클로로에틸렌인데, 전후의 세척 과정과 관련된 것으로 추정된다. 니켈불용성무기화합물과 일산화탄소의 주의, 경고, 위험 수준의 분포가 유사하거나 위험수준의 분포가 낮다.



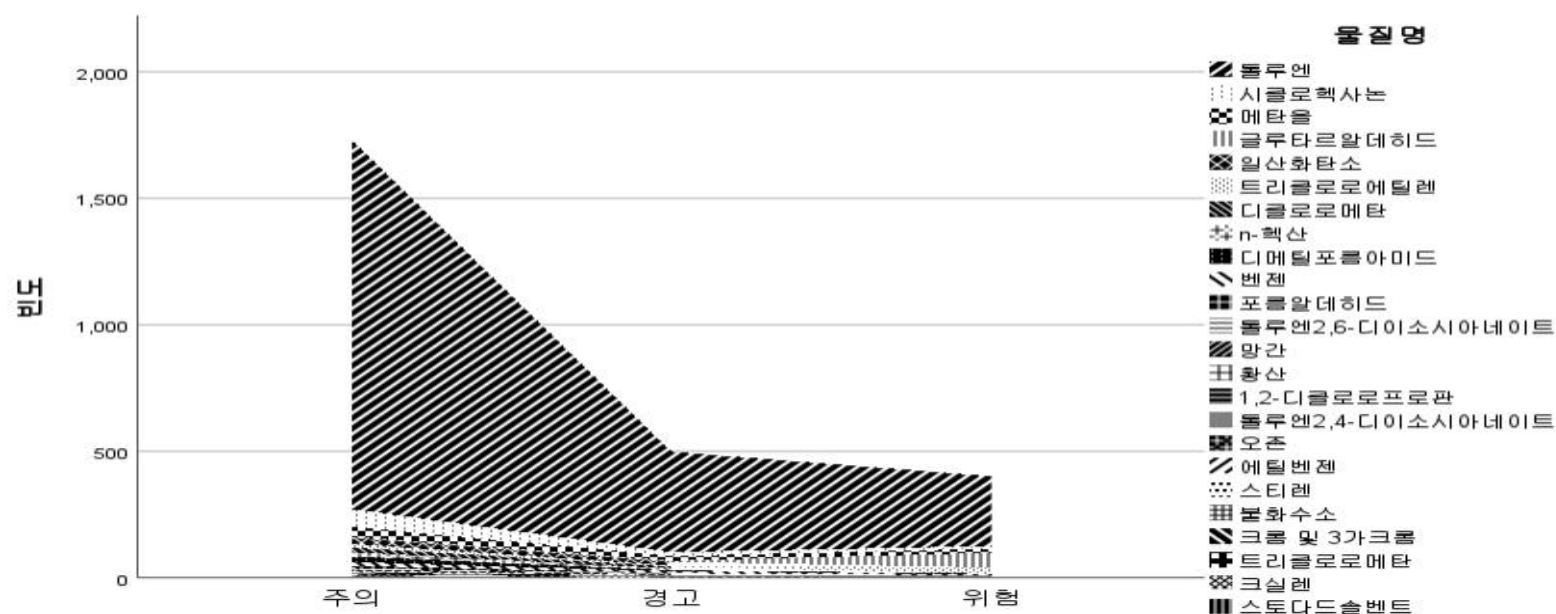
[그림 III-58] 용접 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준

성형공정에서 다양한 물질이 주의 수준 이상의 위험도가 관측되었다. 스티렌 및 트리클로로에틸렌을 사용하는 공정에서 노출 건수가 많고, 위험 수준의 노출이 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다. 허용 기준외 물질 중 크롬 및 3가 크롬의 노출 건수 중 위험 노출수준의 분포가 많은 것으로 관측되었다.

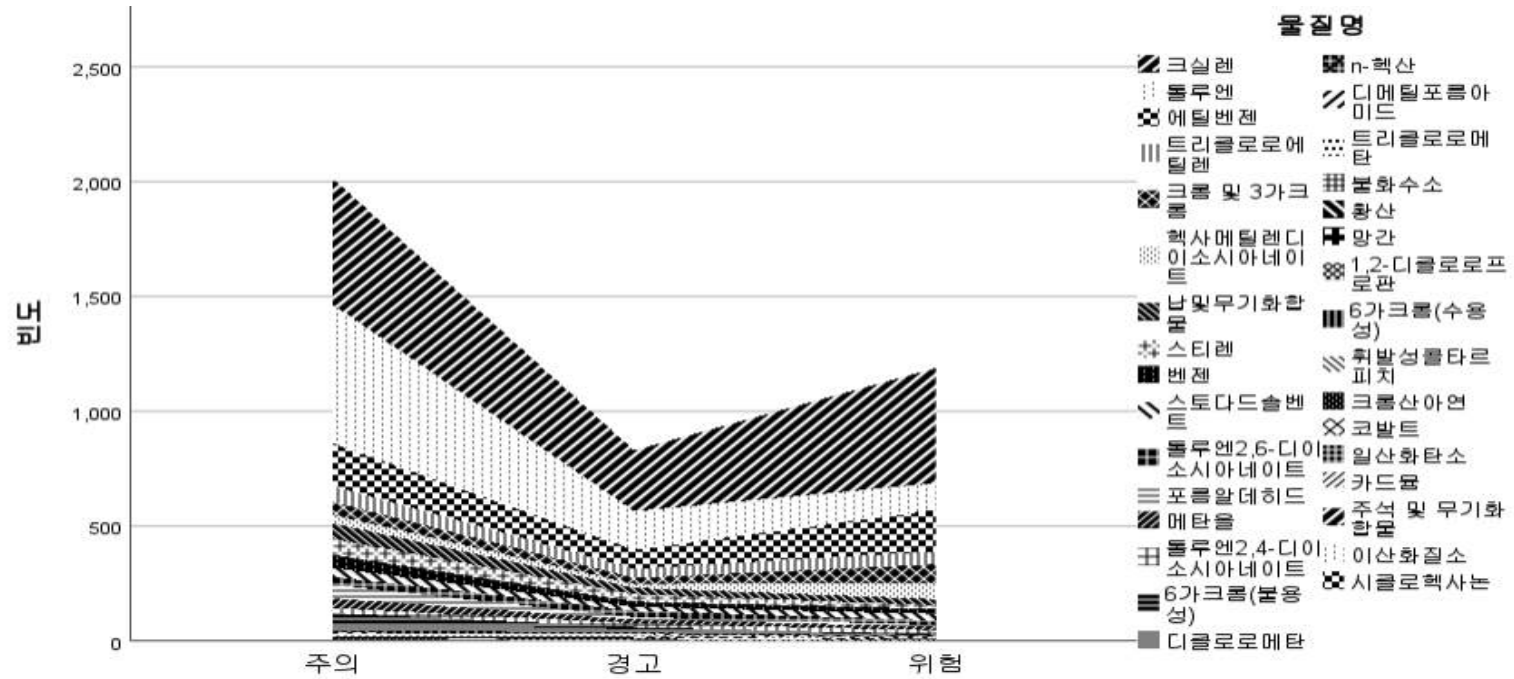


[그림 III-59] 성형 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준

인쇄공정에서의 주요 노출 물질은 톨루엔이었다. 톨루엔을 사용하는 인쇄공정은 주의 이상의 위험구간에 다수 분포하였다. 메탄올을 사용하는 인쇄공정에서의 노출수준의 분포는 전 구간 유사하다는 점에서 위험하다. 시클로헥사논 또한 메탄올과 유사한 분포를 이룬다. 글루타르알데히드를 사용하는 인쇄공정에서의 위험 수준의 분포가 가장 많다.



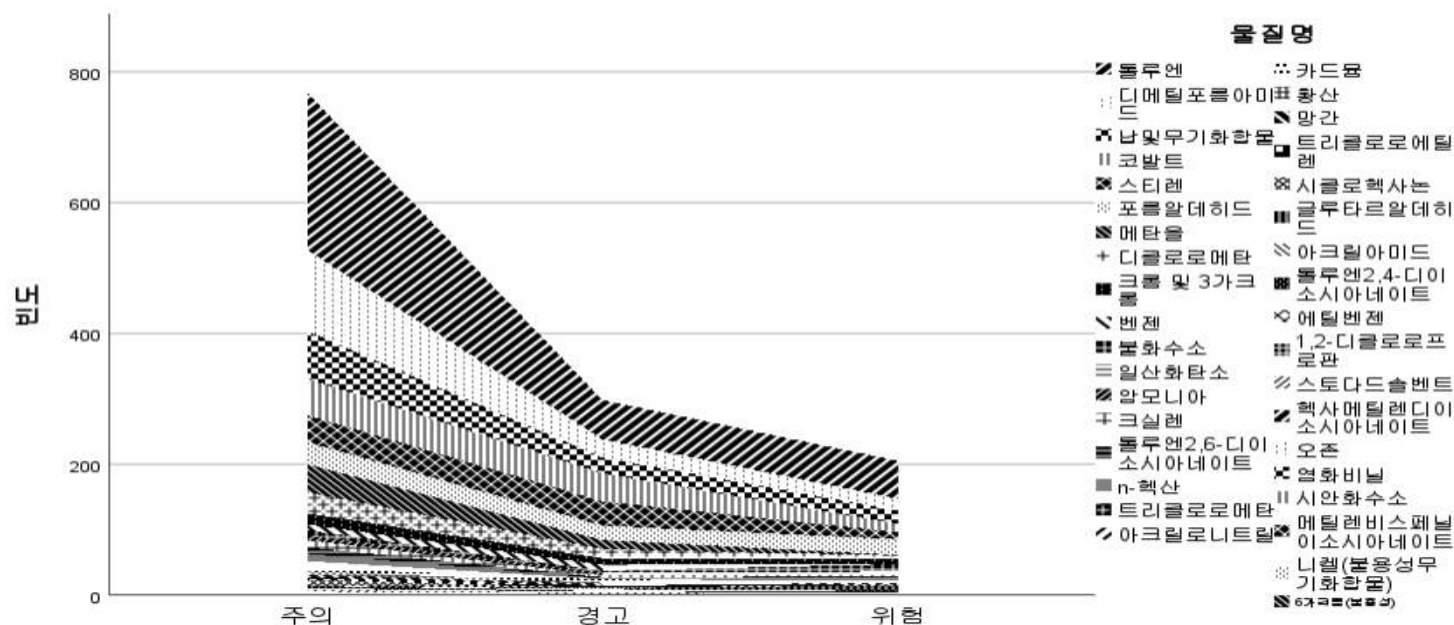
[그림 III-60] 인쇄 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준



[그림 III-61] 도장 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준

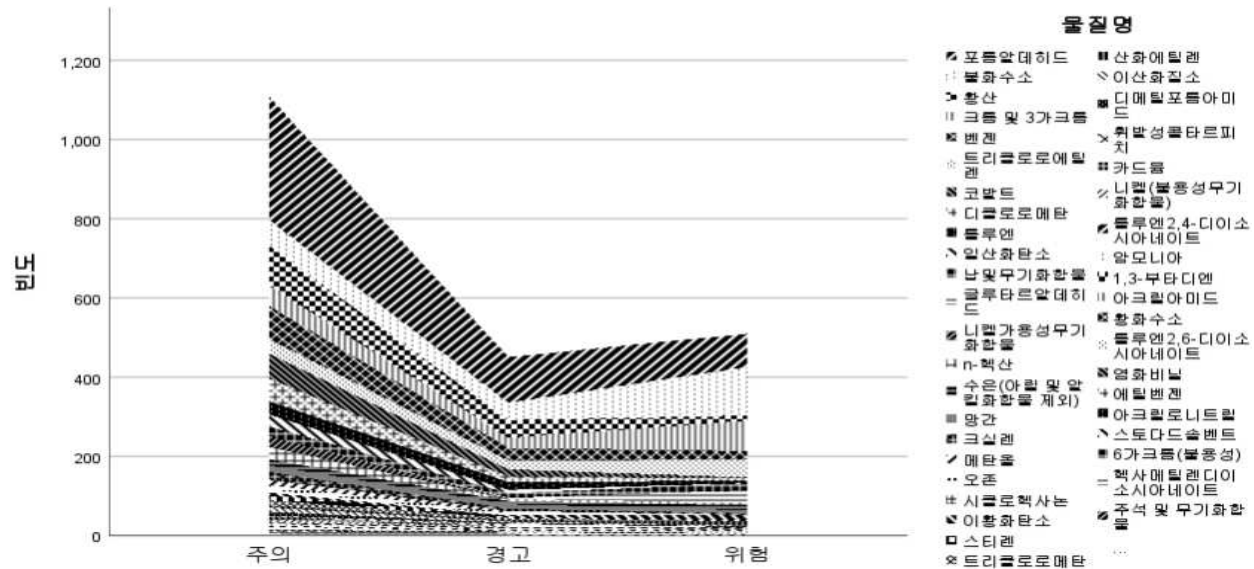
도장공정에서 주요 노출 물질은 크실렌, 톨루엔, 에틸벤젠의 순으로 노출이 많은데 허용기준 외 물질이 크실렌과 에틸벤젠의 위험 수준의 분포가 높다.

혼합공정에서의 위험 수준의 노출이 확인되는 물질은 톨루엔, 디메틸포름아미드, 납 및 무기화합물, 코발트, 스티렌, 포름알데히드, 메탄올 수준이었다. 혼합공정에서 위험 수준의 노출 사례가 가장 많은 것은 디클로로메탄이었다.



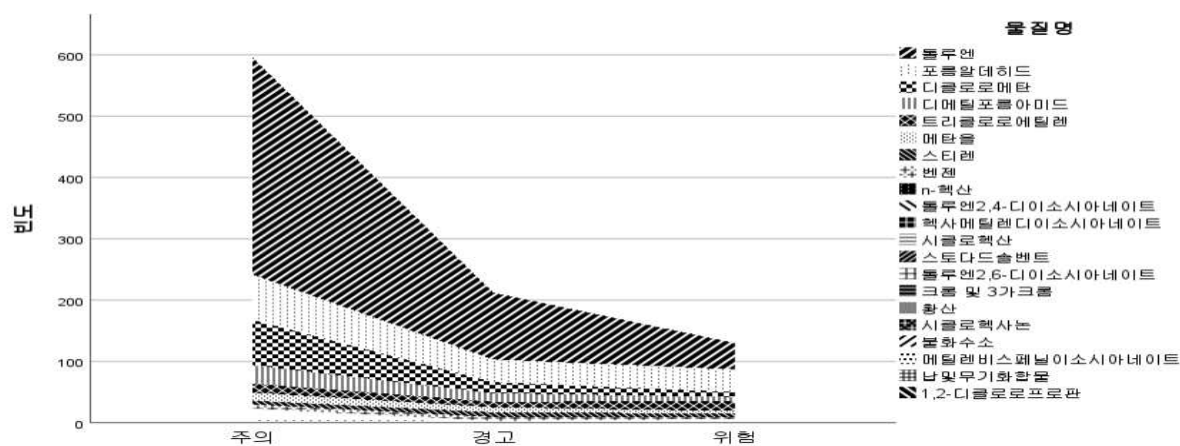
[그림 III-62] 혼합 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준

검사공정에서의 주의 수준 이상의 위험도는 포름알데히드, 불화수소, 환산, 크롬 및 3가 크롬, 벤젠, 트리클로로에틸렌순으로 많이 분포하였다. 가장 위험도가 높은 수준으로 확인된 물질은 불화수소였다.



[그림 Ⅲ-63] 검사 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준

접착공정에서 주의 이상의 노출 건수가 가장 많이 확인되는 물질은 톨루엔이나 위험한 수준의 노출 건은 포름알데히드와 톨루엔이 유사한 수준이다. 기타 디클로로메탄, 디메틸포름아미드, 트리클로로에틸렌의 순으로 중독위험이 관측되었다.



[그림 Ⅲ-64] 접착 공정에서의 물질별 급성중독위험 노출수준

3) 소결

작업환경측정결과와 노출지수로 본 제조업에서의 위험공정은 용접 및 세척공정이었다. 건설업에서도 용접 및 도장공정이 위험도가 높았다. 보건업 및 사회복지서비스업에서는 검사 및 살균공정에서 위험성이 확인되었고, 포름알데히드, 글루타르알데히드, 산화에틸렌이 위험물질이었다. 광업에서는 저장 공정에서 일산화탄소, 이산화질소 노출이 위험했다. 수도 하수 및 폐기물처리 원료재생업에서는 폐기물 처리공정에서의 위험도가 높았고 일산화탄소, 황산, 불화수소, 수은, 황화수소물질에 의한 사고 가능성이 높았다.

물질별로는 중독사고 「위험」 수준으로 분류된 건이 가장 많았던 물질은 트리클로로에틸렌, 불화수소, 크롬이었다.

작업환경측정에서 급성중독 및 사고 우려가 가장 큰 직무는 세척이었다. 세척 공정에서의 트리클로로에틸렌의 사용 및 노출은 전반적으로 줄어들고 있는 것으로 나타나고 있으나 위험 수준의 노출 사례는 지속적으로 유지되고 있다.

세정공정에 사용되는 디클로로프로판, 톨루엔, 황산, 불화수소, 1,2-디클로로프로판등의 사용도 주의해야 한다. 용접공정은 망간, 크롬, 트리클로로에틸렌, 일산화탄소의 위험도가 높은 것으로 나타났으며, 성형공정은 스티렌 및 트리클로로에틸렌의 노출 위험이 높은 것으로 나타났다.

인쇄공정의 주요 위험물질은 톨루엔이었으며 메탄올, 시클로헥사논의 노출 위험이 높았다. 도장공정에서의 주요 위험물질은 크실렌, 톨루엔, 에틸벤젠의 위험도가 높은 것으로 나타났다. 혼합공정에서는 톨루엔, 디메틸포름아미드, 납 및 무기화합물 등의 노출이 위험했으며 위험 수준의 노출사례는 디클로메탄이 가장 많았다. 검사공정에서의 위험도는 포름알데히드, 불화수소, 황산 등의 노출위험이 높았으며 가장 위험도가 높은 것은 불화수소에서의 노출이었다.

IV. 결론

.....

IV. 결론

1. 논의 및 결론

국내 고용노동부의 화학물질 분류표지 및 물질안전보건자료에 관한 기준에 관한 고시 중 건강 유해성 분류체계만으로도 33개의 분류 체계가 확인되며 이들 분류기준이 어떤 의미를 내포하는지에 대해 보다 쉽게 근로자에게 전달하기 위해 노출시 심각도를 의미하는 신호어로 그 위험성의 수준을 위험과 경고 수준으로 단순화하고 있다. 본 연구에서 중대법 나열물질들을 신호어인 위험과 경고 수준으로 표시하여 재나열하여 분석했는데 유해·위험성 심각도가 상대적으로 낮은 물질도 확인되었다.

이와 같이 중대법에 나열된 물질이어서 급성중독의 관점에서 유해·위험성의 심각도가 높다고 판단할 수 없다. 또한 중대법 나열물질은 작업환경측정 대상 및 특수건강진단 대상물질의 화학물질을 포함하여 총 203여종으로 집계되는데 개별 화학물질로 나열하면 이보다 훨씬 더 많은 수의 화학물질이 대상에 포함되며 각각의 급성중독의 유해성을 파악하기 위한 화학물질 각각의 접근근으로는 예방대책을 수립하기가 쉽지 않다.

화학물질 관련 산재사고 사례에서는 중대법 나열 물질 중 유해성 등의 여러 기준으로 중독 및 사고 위험성이 상대적으로 높다고 판단한 물질은 기타 물질에 비해서 근로손실일수가 높아 상대적 위험성이 높게 나타났다. 허용기준대 상물질의 상대적 위험성은 더 높았다.

그러나 화학물질 누출이나 노출 사고사례에서는 특정물질이 나열되지 않은 다수의 사례가 분석에서 제외되었으며, 이는 분석에 활용된 산재 개요자료가 사고조사과정의 초기 요약자료로서 누출의 위험성을 말해주는 것은 화학물질 유해정보다는 노출 상황에 집중하고 있음을 방증하고 있다.

작업환경측정자료 분석결과 및 사고사례 분석에서 일관성 있게 급성중독

위험 가능성을 제시하고 있는 공정이 담금이나 주입 방식의 세정 및 세척이며, 용접, 절단, 용해 공정 등과 같이 금속에 에너지가 가해지는 형태의 작업이었다.

담금 방식의 작업, 손의 접촉이 이뤄지거나 스프레이 방식의 직무 형태에서 중독 사고를 유발한 물질들이 노말헥산, 톨루엔, 트리클로로메탄, 디클로로메탄, 1-브로모프로판, 트리클로로에틸렌, 메탄올 등이었으며 정규작업의 노출 수준을 반영하고 있는 작업환경측정자료에서도 이들 물질에서 위험 수준의 노출들이 확인되었다.

산재사례 분석에서 2022년 1월 집단 간독성으로 사회적 물의를 일으켰던 독성물질이 트리클로로메탄인데 이는 화관법에 의해 강화된 다른 세정제(디클로로메탄)의 규제를 피하기 위한 대체제로 고려되어 사용되었다는 점에 주목할 필요가 있다. 노출이 통제되지 않은 담금이나 주입 방식의 세정방식이 지속되면, 사용되는 세정제의 독성을 피할 수 없음을 시사하고 있는 것이다. 세척제로서의 트리클로로에틸렌의 위험수준의 노출이 지속적으로 확인이 되고 있고, 디클로로메탄 또한 위험수준의 노출이 지속적으로 관측되고 있다. 트리클로로메탄의 세척제로의 중독발생 가능성을 2021년 작업환경측정결과에서 시사하고 있음을 본 연구에서 확인하였다.

문헌에서 나타난 유기화합물과 관련된 위험직무 형태는 세정 및 청소로 형궂에 묻혀 사용하거나 스프레이 형태로 사용하거나 담금 및 주입 형태의 직무에서 중독사례가 확인되었으며, 노말헥산, 톨루엔, 트리클로로메탄, 디클로로메탄, 1-브로모프로판, 트리클로로에틸렌, 유기주석, 메탄올 등에 의한 중독 사례였다. 혼합 공정에서 발생한 물질에 의한 주요 중독사례는 도금제 혼합과정에서 발생한 시안화수소, 메틸브로마이드에 의한 사례였다. 수은, 납, 카드뮴, 베릴륨, 코발트 등과 같이 금속류에 의한 중독은 주로 에너지가 가해지는 절단, 용접, 그라인딩, 샌딩, 브레이징 등의 작업 중에 발생하며 아크릴로니트릴 같이 인두를 이용한 조립 과정에서 발생하여 독성을 일으켰다.

노출저감장치가 없는 장소에서 운반이나 주입 혹은 교체과정에서 중독을

유발했던 물질은 메틸브로마이드, 디메틸포름아드, HCFC-123, 아르신 가스에 의한 중독이었다. 탱크로리 상하차 등 노출 저감을 위한 공학적 제어가 있는 상태에서의 관 등의 용기에의 누출 관련 사고를 유발했던 물질은 암모니아, 디클로로메탄이었다. 사례에서 보호구를 착용하고도 중독에 이른 사례도 있어 적정 보호구 착용 중요성도 시사하고 있으며, 대부분의 작업 형태가 환기나 공학적 제어가 용이하지 않는 세정 및 청소, 용접 등의 이동형 작업이었다.

밀폐공간 작업 사고분석결과 감독 및 관리, 청소, 기계유지보수작업이 황화수소 및 일산화탄소에 의한 중독 발생 건이 높아 위험직무로 분류되었다.

화학물질 누출이나 밀폐공간사고를 모두 포괄하는 산재사례분석에서 화학물질 중독 및 사고가 가장 많이 발생했던 직무는 화학물질 운반이나 주입이었으나 건강영향 위험도가 높았던 직무는 밀폐 설비내에서 이뤄지는 보수나 청소 작업이었다. 위험도가 가장 높았던 물질은 이황화탄소, 황화수소, 트리클로로에틸렌, 일산화탄소 등의 순이었는데 일산화탄소 중독의 위험직무는 용접, 용해 등과 같이 금속과 관련한 고온 작업이었다. 트리클로로에틸렌은 담금 및 주입방식의 작업형태가 중독사고를 야기하는 위험직무로 나타났다.

이는 역학조사 분석결과에서도 유사한 결과를 보였는데 도장, 세척 및 세정, 방수, 용접 및 취부, 절단, 파쇄, 도금으로 사고 사례에서 제시된 담금 및 주입 방식의 제품취급작업, 그 밖의 금속관 관련된 고온 작업, 손이 접촉되는 수작업, 스프레이 형태의 작업이 중독 사고를 야기했던 직무로 해석될 수 있다.

작업환경측정결과분석에서도 노출 기준을 초과해서 정규 작업시 중독 사고 가능 위험성을 보여주는 공정이 세척, 용접, 성형, 인쇄, 접착 등이었다.

모든 자료에서 화학물질의 예방 정책전략의 방향을 제시하고 있다.

안전보건공단은 2008년에서 2012년까지 급성중독 유발물질 10종에 대한 각 물질별 공정에 대한 기술지원을 실시하였는데 대상선정기준은 급성중독 사례가 있는 물질, 노출 위험이 큰 공정을 대상으로 선정하였다²⁷⁾.

27) 고용노동부. 화학물질 급성중독사고, 물질별 공정 맞춤형 기술지원으로 예방한다(보도자료). 2009.08.18.

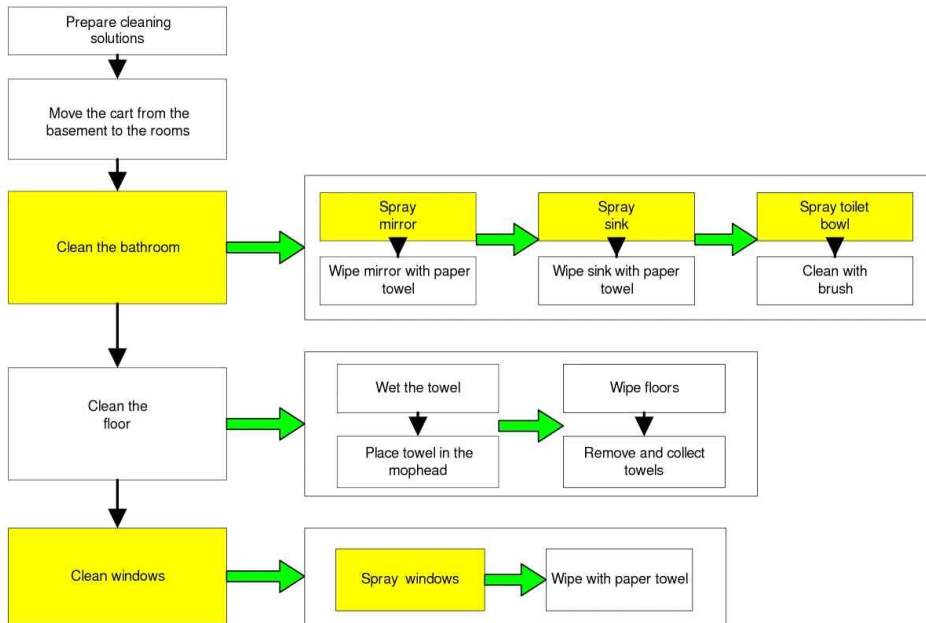
〈표 IV-1〉 안전보건공단 급성중독물질관련 기술지원사업(2009-2012)

연 번	10대 화학물질명	주요 3대 공정명	대상사업장수	시행연도
1	톨루엔	배합, 인쇄(코팅), 도장	500	‘09.하
2	트리클로로에틸렌(TCE)	세척, 코팅, 함침	176	‘10.
3	디메틸포름아미드(DMF)	코팅, 침지, 도장(도포)	74	
4	메틸에틸케톤(MEK)	혼합, 인쇄, 접착	250	
5	디이소시아네이트	반응, 도장, 발포	110	‘11.
6	노말헥산	세척, 혼합, 추출	90	
7	크실렌	세척, 도장(도포), 희석(혼합)	300	
8	스티렌	배합, 적층, 도장	120	‘12.
9	이소프로필알콜(IPA)	혼합, 인쇄, 세척	130	
10	메틸이소부틸케톤(MIBK)	혼합, 인쇄, 도장(도포)	250	

그러나 이 당시에 도 화학물질별 접근방식으로 기술지원이었다.

Bello 등(2009)에서 다양한 세정제를 사용하고 있는 병원에서의 청소 작업에서의 세정제의 노출을 평가하면서 세부적인 직무 과정을 도식화하면서 세정제 노출 지점을 추정했다.

김진현 등(2022)이 중독사고 사례를 분석하면서 피부 노출의 위험성이 높았던 수산화테트라메틸암모늄 작업자들이 구체적인 작업절차가 없었기 때문에 노출이 가중되는 피부접촉의 방식으로 작업 방법으로 작업을 진행하거나, 손으로 닦는 등의 위험한 행동을 한 것으로 확인되었음을 지적하고 각 단계에서의 유해·위험성 파악 여부에 대한 체크리스트 사용을 제안하였다. 이와 같이 노출의 관점을 이해하기 위해서는 직무에 대한 이해가 선행되어야 하며 이들 작업 속에서 화학물질의 독성이 최대화되는 노출 상황을 예상하고 차단하는 방법으로 작업절차가 설계되어야 한다.



[그림 IV-1] 병원 청소작업의 직무 수행과정(Bello등, 2009)

이런 관점에서 사례 분석에서 사용된 ECHA의 PROC 공정분류는 직무상 어떤 형태의 노출을 보여주고 있다는 점에서 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다.

본 연구의 자료 분석결과 유기화합물에 중독사고가 빈발하거나 유해·위험성이 높게 나타난 급성중독발생 가능 위험직무는 총 10종으로 ① 비지정 혹은 ②지정 장소에서의 단일 혹은 혼합물질의 운반 및 주입(운반, 계량, 탱크로리상하차 등) ③ 산업 스프레이작업(도장, 표면코팅, 접착, 세척, 블라스팅 공정을 포함함) ④ 롤러 및 브러시 작업(도장, 코팅, 접착, 세척공정을 포의 처리로 도금이나 청소, 세정과정 중에 주로 나타나는 직무형태) ⑤ 손이 접촉이 되는 수작업(혼합, 배합, 청소), ⑥ 담금이나 주입 방식의 작업형태(도금, 세정)으로 유기화합물에서 빈번하게 관찰된 직무형태이며, ⑦상당히 상승한 온도에서의 열린 공정 및 운반공정 ⑧물질 또는 제품에 높은(기계)에너지를 가하는 작업⑨그 밖에 금속과 관련한 고온 작업은 주로 금속류의 중독증상을 야기한 직무들이었다. ⑩ 기계유지보수나 밀폐공간에서의 작업은 황화수소, 일

산화탄소, 유기화합물 등 환기적 어려움이 가해진 작업형태가 중독여부를 결정하는 주요요소였다.

〈표 IV-2〉 물질구분별 급성중독위험 직무 10종

구분	급성중독 위험직무	직무 설명	관련 공정명
유기 화합 물	비지정 장소에서의 단일 혹은 혼합물질의 운반 및 주입(운반, 주입)시,	노출을 위한 공학적 제어가 없거나 혹은 있는 상태에서 화학물질을 관, 용기 등으로부터 운반하는 작업으로 “문반에는 싼고, 채우고, 버리고, 자루에 담고, 중량을 재는 작업이 포함,	준비, 운반, 계량, 주입, 폐기,
	지정 장소에서의 단일 혹은 혼합물질의 운반 및 주입	노출에 대한 공학적 제어가 있는 지정된 장소에서의 작업을 포함	드럼채우기, 상하차구역에서의 작업
	손이 접촉되는 수작업	손과 상완의 노출이 예상되는 작업(개인보호구를 제외하고 지정된 도구나 특정 노출제어가 없음)	시멘트와 소석회 혼합 혼합(청소과정에서의 세정제의 혼합, 염모제 혼합) 배합, 도장준비과정에서의 배합 등
	스프레이 방식의 작업	액체나 분말을 공기중으로 확산하는 작업	표면코팅, 분사, 접착, 세척, 브라스팅, 스프레이도장, 코팅 등
	롤러 및 브러시 작업	팀으로 노출가능성이 있는 작업으로 손잡이가 긴 도구를 이용해서 표면을 청소하는 직무도 해당	도장, 방수, 코팅, 청소, 제정
	담금 및 주입방식으로 제품취급	담그고, 붓고, 적시고, 씻어내는 방식으로 제품처리	도금, 세정, 청소, 세척
금속 류	상당히 상승한 온도에서의 열린 공정 및 운반 공정	용광로, 정제소, 오븐에서 이뤄지는 주물/태핑/부유물 제거 공정의 일반적 속성을 말함.	용해, 정제, 주물, 태핑, 부유물제거, 갈바나이징(아연피복)등

구분	급성중독 위험직무	직무 설명	관련 공정명
	물질 또는 제품에 높은(기계)에 너지를 가하는 작업	물질에 가해진 상당한 열 또는 운동에너지	고온 롤링/포밍, 그라인딩, 기 계적 절단, 드릴링, 샌딩, 스트 리핑
	그 밖에 금속과 관련한 고온 작업		용접, 납땜, 가우징, 브레이징, 불꽃 절단
기타	기계 유지보수 및 밀폐공간에 서의 수작업		청소, 기계보수, 공무

그러나 이들 대부분의 직무 형태는 비정형화된 작업이며 잘 설계된 공정이
나 노출이 쉽게 제어되는 작업이 아님을 알 수 있다.

앞서 언급했듯이 모든 화학물질의 건강유해성이 검증된 상태에서 사용되는
것이 아니기에 노출을 최소화하는 직무 설계적 관점에서 예방전략과 사업이
수립될 필요가 있으며 비정형 작업자들이 참고할 수 있는 화학물질 노출을 최
소화 작업절차서의 개발이 필요하다.

2. 연구제한점

화학물질 분류체계의 유해·위험성 심각도(신호어)에 따라 부여된 위험점수
가 각 화학물질별 유해위험성을 과소 혹은 과대평가했을 가능성이 있으며 이
분류에 한정해서 판단할 수 있다.

중독사고 위험직무를 예측함에 있어 사용량 추이를 반영하지 못하였다.

직무분류에 사용된 ECHA의 공정분류는 밀폐공간에서 발생한 사례의 상당
부분이 기타 공정으로 분류되었는데 발생물질의 사고 사례 등은 이 분류로 설
명하기에 한계가 있으며 분류된 결과에 대해 이견이 있을 수 있다. 또한 최근
9년간의 작업환경측정자료의 공정자료 통합을 위한 안전보건공단에서 연구

진행 중인 공정안으로 정리하였는데 각 공정분류의 정의와 분류기준에 대한 명확한 기준이 없어 추가적인 연구가 필요하며 이 분류에는 이견이 있을 수 있다.

급성위험직무 판단을 위해 제시한 말폐공간 중독사고건수, 근로손실일수의 적용, 노출지수에 따른 중독사고 위험도(주의, 경고, 위험) 분류에 대해서는 전문가별 이견이 있을 수 있다.

참고문헌

- 김선민, 김태영, 이광선, 김도형, 이경은, 이정안, 오동진 and 유석희. (2008). 급성 아르신 가스 중독 1예. *Kidney Research and Clinical Practice*, 27(1), 145-148.
- 김양호, 이지호, 심창선, 정경숙. *Journal of the Korean Society of Clinical Toxicology* v.2 no.2, 2004년, pp.67 - 71
- 김유정, 김양호, 정경숙, 심창선, 최나리, 김종철, 음준범, 요시야키 나카지마, 요코 엔도, 유철인. 급성유기주석 중독 1례. *Korean J Occup Environ Med*, 2006; 18(3):255-262 <https://aoemj.org/pdf/10.35371/kjoem.2006.18.3.255>
- 고용노동부. 화학물질 노출기준 개정연구(브롬화메틸). 2005.
- 고용노동부. 중대재해처벌법 해설서. 2021
- 고용정보원. 2020 한국직업정보통합폰 5판. 2020.
- 구본학, 김영기, 이상길, 강동목, 김종은. 고철 재활용에서의 집단적인 납 고노출 사례. *Korean J Occup Environ Med*, 2012;24(4):441-448. <https://synapse.koreamed.org/upload/synapsedata/pdfdata/0022kjoem/kjoem-24-441.pdf>
- 국토해양부. 건설정보분류체계 적용기준 (국토해양부공고 제 2009-781호). 2019
- 박대권, 황창호. 톨루엔에 의해 발생한 뇌병증-증례보고-. *Brain & NeuroRehabilitation* Vol. 8, No. 2, September, 2015. <http://dx.doi.org/10.12786/bn.2015.8.2.109>
- 산업안전보건연구원. 직업병진단사례집 2005.

산업안전보건연구원. 직업병진단사례집 2006.

산업안전보건연구원. 급성중독사고 예방을 위한 분석자동화 시스템 구축. 2018.

산업안전보건연구원. 빅데이터를 활용한 국내 작업환경측정 데이터베이스의 통계적 분석. 2016A.

산업안전보건연구원. 급성중독 발생 화학물질의 사업장 유통<관리 실태에 관한 조사 연구. 2016B.

산업안전보건연구원. 작업환경측정 대상정보에 대한 표준화 연구 I. 2017.

산업안전보건연구원. 작업환경측정 대상정보에 대한 표준화 연구 II. 2018.

산업안전보건연구원. 근로자건강진단 실무지침 제 3권 유해인자별 건강장해. 2020.

산업안전보건연구원. 화학물질 노출농도 결정요인으로성 작업공정 및 활동영향 분석. 2021A.에의 인용자료를 재인용함

산업안전보건연구원. 건설업 종사자 코호트 구축_직무기반 질환감시자료 구축. 2021B.

산업안전보건연구원. 산업현장전조직부분의 위험성평가 참여방안 및 역할검토 (최근사망사고 사례분석을 중심으로). 김진현외 7명. 2022).

서정욱, 김병권, 김유미, 이세영, 김나영, 임현주, 구동철, 홍영습. 메틸브로마이드 혼증제 작업자의 요 중 브로마이드 이온을 이용한 생물학적 노출평가. J Environ Health Sci. 2019; 45(6): 675-687.

문준식, 옥정원, 정옥현, 나진성 and 김기태. (2018). 노출 모델의 화평법 적용성: ECETOC TRA와 Stoffenmanager Tier 1 노출 모델을 활용한 벤젠의 작업자 노출 평가. 한국환경보건학회지, 44(5), 460-467.

- 안전보건공단. 화학물질유통사용 실태조사 결과보고서. 디메틸포름아미드. 2007.
- 안전보건공단. 화학물질 유통사용실태조사 결과보고서 스티렌. 2008.
- 안전보건공단. KOSHA Alert. 제 2013-2호. 1-브로모프로판 직업병발생 위험
경보. 2013.
- 안전보건공단. KOSHA Alert. 제 2015-3호. 메틸브로마이드(브롬화메틸) 중독
사고 발생경보, 2015.
- 안전보건공단. KOSHA Alert. 제 2015-5호. 트리클로로에틸렌 중독사망사고
발생경보. 2015B
- 안전보건공단. KOSHA Alert. 제 2016-4호. 방수제(아크릴아미드) 중독(말초
신경병증)발생경보. 2016.
- 안전보건공단. 수은취급근로자 직업건강가이드. 2017
- 안전보건공단. KOSHA Alert. 제 2017-1호. 카드뮴 중독 발생경보. 2017B.
- 안전보건공단. 메탄올 취급 근로자 직업건강가이드. 2017C
- 안전보건공단. KOSHA Alert. 제 2017-6호. 할로겐화합물 소화약제(HCFC-123)에
의한 독성간염발생경보. 2017D
- 안전보건공단. KOSHA Alert. 제 2018-6호. 시안화합물(시안화수소) 중독
발생경보. 2018.
- 안전보건공단. TCE 중독으로 쓰러져 사망 (2019. 7.31). <https://www.kosha.or.kr>
자료마당-통합자료-재해사례-국내재해사례-질식중독. (2022년 11월 30일에
접근함). 2019

안전보건공단. 노말렉산 노출근로자의 건강관리지침(KOSHA GUIDE H-135-2021).2021

안전보건공단. 트리클로로에틸렌 노출 근로자의 건강관리지침(KOSHA GUIDE, H-137-2021). 2021B.

안전보건공단. N,N-디메틸포름아미드 노출 근로자의 건강관리지침.2021C.

안전보건공단. KOSHA Alert. 제 2022-1호. 세척제 취급과정 급성중독 발생 정보. 2022.2.

안전보건공단. KOSHA Alert. 제 2022-2호 세척제 (디클로로메탄) 청소작업중 사망사고 발생. 2022B

이유진, 김은아. 아크릴로니트릴 역학조사. 산업보건. 2011년 8월.

임재희, 김영석, 이윤나, 김상균, 정승원, 장재영, 이세환, 김홍수, 김부성, 김희경. 독성간염의 임상적 고찰과 조직소견. 대한내과학지 제 81권 제 1호 2011.

임현술. 인류와 함께 한 수은중독 이야기. 산업보건. 6월호 2015.

임현술. 밤벌레 제거제 이황화탄소의 유해성. 산업보건 3월호 2015B

장진혁, 김도연, 김영, 장윤수, 김형중, 안철민, 김성규, 김태훈. 고농도의 이산화 질소흡입으로 유발된 급성폐손상 1례. 대한독성학회지. 2005;3(1):40-44

전희경, 김은아. 노말렉산과 직업병. 산업보건. 2012년 3월호 6-11p.

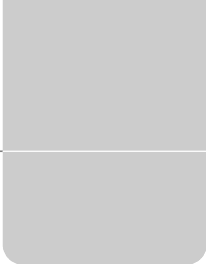
정경숙, 임현술. 염화메틸렌 중독에 의한 사망 1례. 대한임상독성학회지 2009;7(1):41~43

정남순, 가슴기 살균제를 통해 본 화학물질관리제도의현황과 문제점에 대한 고찰. 환경법과 정책 제11권(2013.11.30.).

- 주명돈,손유동,최우익. 디메틸포름아미드 노출 후 발생한 독성 간염 1례. 대한 응급의학회지 제17권 제5호. 2006
- 조성래, 김지옥, 유인규, 장상현. 브롬화메틸에 의한 가역적 뇌병증. J Neurocrit Care. 2011;4:17-20.
- 조성용,장용석,최은경,김진석,유재영,우극현,최태성, 2,5-헥산디온에 노출된 근로자에게서 발생한 말초 신경병증. Korean J Occup Environ Med, 2007;19(1):65-72
- 한국건설기술연구원. 건설정보 분류체계 매뉴얼. 1996.
- Bello, A., Quinn, M.M., Perry, M.J., Milton, D.K., 2009. Characterization of occupational exposures to cleaning products used for common cleaning tasks-a pilot study of hospital cleaners. Environmental Health 8, 11.. doi:10.1186/1476-069x-8-11
- EPA(United States Environmental Protection Agency). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 19. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/21701>.
- European Chemicals Agency(ECHA), Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment Chapter R.12: Use description. 2015. May 2008. Version 1.1. - The process categories (PROC) related to processing of metals and other minerals have been included into the. PROC numbering system.
- Grant K, Goldizen FC, Sly PD, et al. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. Lancet Glob Health. 2013;1(6):350-361

- Jeong K, Lee JH, Sim CS, Lee JS, Yamauchi H, Kim Y: A case of acute arsine poisoning with hemolytic anemia and acute renal failure. *Korean J Occup Environ Med* 17:238-248, 2005
- Laura Leyssens, Bart Vinck, Catherine Van Der Straeten, Floris Wuyts, Leen Maes, Cobalt toxicity in humans—A review of the potential sources and systemic health effects, *Toxicology*, Volume 387, 2017, Pages 43-56, ISSN 0300-483X, <https://doi.org/10.1016/j.tox.2017.05.015>.
- Park M-G, Choi J, Hong Y-S, Park CG, Kim B-G, Lee S-Y, et al. (2020) Negative effect of methyl bromide fumigation work on the central nervous system. *PLoS ONE* 15(8):e0236694
- Proietti L, Longo B, Duscio D. Sospetta intossicazione da glutaraldeide: case report [Suspected glutaraldehyde poisoning: a case report]. *Med Lav*. 2002 Jan-Feb;93(1):43-7. Italian. PMID: 11987501.
- Suk Hyun Jang, Min Ji Park, A Reum Cho, Mi Young Lee, Sung Woo Cho, Won-Min Hwang, Sung Ro Yun A. Case of Chemical Pneumonitis Induced by Glutaraldehyde Aspiration. *Korean J Med*. 2012;83 (4): 498-502. Publication Date (Web): 2012 October 01 (Case Report) doi:<https://doi.org/10.3904/kjm.2012.83.4.498>
- Thumtecho S, Sriapha C, Tongpoo A, Udomsubpayakul U, Wananukul W, Trakulsrichai S. Poisoning of glutaraldehyde-containing products: clinical characteristics and outcomes. *Clin Toxicol (Phila)*. 2021 Jun;59(6):480-487. doi: 10.1080/15563650.2020.1832231. Epub 2020 Oct 28. PMID: 33112670.

- V. Courtney Broaddus MD. Acute Responses to Toxic Exposures. in Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine, 2022.
- Y. Kim, Y. Jee, J. Park, K. Lee, S. Lee (Cheonan, Chungju, South Korea). Acute beryllium disease in liquid metal workers. Eur Respir J 2004; 24: Suppl. 48, 981



Abstract

A Study on the Prediction of Acute poisoning risk Job in the Enforcement of the Serious Disaster Punishment Act

Objectives : The relative risk of poisoning accidents for each job was assessed through epidemiological investigations, chemical leakage and poisoning accidents, closed space suffocation cases, and work environment measurement data.

Method : Chemical accidents and poisoning cases were classified into ECHA's process classification system and analyzed by referring to the accident summary. The work environment measurement data for 2013~2021 were integrated into the process classification system of the industrial complex proposed in the previous study in 2021. SAS. 9.4 version was used for data analysis

Results : Occupational diseases and epidemiological investigation cases have suggested that they occur in the form of dangerous tasks, such as hand contact, spray work, and other high-temperature metal work, and work environment measurement data also showed the same results.

Conclusion : Chemical substances have various characteristics such

as acute poisoning and chronic effects such as cancer. In preventing acute poisoning, it is necessary to change the direction to a job form that reflects exposure characteristics rather than a chemical-centered approach.

Key words : Serious Disaster Punishment Act, Acute poisoning, risk Job

부록

〈부록 표-1〉 건강·유해성분류별 유해위험성 구분

건강유해 성분류	정의	구분	구분내용	신 호 어
급성 독성(acute toxicity)	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수취로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출시 나타나는 유해한 영향을 말한다	1	급성 독성 추정값(ATE)이 다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①경구:ATE≤5(mg/kg체중) ②경피:ATE≤50(mg/kg체중) ③흡입 · 가스 : ATE ≤ 100 (ppmV) · 증기 : ATE ≤ 0.5 (mg/L) · 분진 또는 미스트 : ATE ≤ 0.05 (mg/L)	위 험
		2	급성 독성 추정값(ATE)이 다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①경구:5<ATE≤50(mg/kg체중) ②경피:50<ATE≤200(mg/kg체중) ③흡입 · 가스 : 100 < ATE ≤ 500 (ppmV) · 증기 : 0.5 < ATE ≤ 2.0 (mg/L) · 분진 또는 미스트 : 0.05 < ATE ≤ 0.5 (mg/L)	위 험
		3	급성 독성 추정값(ATE)이 다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①경구:50<ATE≤300(mg/kg체중) ②경피:200<ATE≤1,000(mg/kg체중) ③흡입 · 가스 : 500 < ATE ≤ 2,500 (ppmV) · 증기 : 2.0 < ATE ≤ 10 (mg/L) · 분진 또는 미스트 : 0.5 < ATE ≤ 1.0 (mg/L)	위 험
		4	급성 독성 추정값(ATE)이 다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①경구:300<ATE≤2,000(mg/kg체중) ②경피:1,000<ATE≤2,000(mg/kg체중)	경 고

건강유해 성분류	정의	구분	구분내용	신 호 어
			③흡입 · 가스 : $2,500 < ATE \leq 20,000$ (ppmV) · 증기 : $10 < ATE \leq 20$ (mg/L) · 분진 또는 미스트 : $1.0 < ATE \leq 5$ (mg/L)	
		5	급성 독성 추정값(ATE)이 다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①경구: $2,000 < ATE \leq 5,000$ (mg/kg 체중) ②경피: $2,000 < ATE \leq 5,000$ (mg/kg 체중) ③흡입: 급성독성(경구, 경피)구분5에상 당하는값 * 급 성 독 성 추 정 값 (ATE, acutetoxicityestimate)은추정 된과반수치사량을의미	경 고
피부 부식성/ 피부 자극성 (skin corrosion /irritation)	피부 부식성(구분1) 이란 피부에 비가역적 인 손상이 생기는 것을 말한다. 여기서 비가역 적인 손상이란 피부에 시험물질이 4시간 동안 노출됐을 때 표피에서 진피까지 눈으로 식별 가능한 괴사가 생기는 것을 말한다. 또한 피부 부식성 반응은 전형적 으로 궤양, 출혈, 혈가 피를 유발하며, 노출 14 일 후 표백작용이 일어 나 피부 전체에 탈모와 상처 자국이 생긴다. 피부 자극성(구분 2)이란 피부에 가역적 인 손상이 생기는 것을	1	1A 실험동물 3마리를 시험물질에 노출한 후 4시간 안에 적어도 1마리의 피부에 비가 역적인 손상이 생기는 경우로 3분 이하로노출한후 1시간의 관찰기간내에 적어 도1마리가피부부식성반응을보이는경우	위 험
			1B 실험동물 3마리를 시험물질에 노출한 후 4시간 안에 적어도 1마리의 피부에 비가역적인 손상이 생기는 경우로 3분초과1시간이하로노출한후 14일의 관찰기간내에적어도1마리가피부부식 성반응을보이는경우	위 험
			1C 실험동물 3마리를 시험물질에 노출한 후 4시간 안에 적어도 1마리의 피부에 비가역적인 손상이 생기는 경우로 1시간초과4시간이하로노출한후 14일 의관찰기간내에적어도1마리가피부부 식성반응을보이는경우	위 험

건강유해 성분류	정의	구분		구분내용	신 호 어
	말한다. 여기서 가역적 인 손상이란 피부에 시 험물질이 4시간 동안 노 출됐을 때 회복이 가능 한 손상을 말한다.	2		다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①홍반,가피또는부종의정도에따라매기 는 피부부식성등급들(패치 제거 후 24,48,72시간마다매기는등급또는반 응이지연되는경우피부반응시작일부터 3일연속으로관찰하였을때매일매기는 등급)의평균값이실험동물3마리중적어 도2마리에서2.3이상4.0이하 ②14일의관찰기간내에실험동물3마리 중적어도2마리에서염증,특히(부분적) 탈모증,각화증,비후(증식),피부각질화 증상이지속적으로관찰되는경우 ③실험동물간반응의차이가있어서실험 동물1마리에는시험물질의노출과관련 된아주명확한양성반응이관찰됐지만,위 의분류구분에는못미치는경우	경 고
심한 눈 손상성/눈 자극성(ser ious eye damage/ eye irritation)	심한 눈 손상성(구 분1)이란 눈에 시험물 질을 노출했을 때 눈 조 직 손상 또는 시력 저하 등이 나타나 21일의 관 찰 기간 내에 완전히 회 복되지 않는 경우를 말 한다. 눈 자극성이란 눈 에 시험물질을 노출했 을 때 눈에 변화가 발생 하여 21일의 관찰 기간 내에 완전히 회복되는 경우를 말한다.	1		다음 중 어느 하나에 해당하는 물질 ①실험동물3마리중적어도1마리의각 막,홍채,결막이회복되지않을것이라예 상되는경우또는일반적으로21일의관찰 기간내에완전히회복되지않는경우 ②실험동물3마리중적어도2마리가다음 의양성반응을보이는물질 - 각막 불투명도 ≥ 3 그리고/또는 - 홍채염 > 1.5 이때 실험동물에 시험물질을 노출 한 후 24, 48, 72시간마다 증상의 정도에 따라 등급을 매기고 그 등 급들의 평균값으로 판단한다.	위 험
		2	2A	모든 실험동물은 21일의 관찰 기간 내 에 완전히 회복되어야 하며, 실험동물 3마리 중 적어도 2마리가 다음의 양성 반응을 보이는 물질: ①각막불투명도 ≥ 1 ,그리고/또는	경 고

건강유해 성분류	정의	구분		구분내용	신 호 어
				②홍채염)1,그리고/또는 ③결막충혈상태≥2,그리고/또는 ④결막부종상태≥2 이때 실험동물에 시험물질을 노출한 후 24, 48, 72시간마다 증상의 정도에 따라 등급을 매기고 그 등급들의 평균값으로 판단한다.	
			2B	구분 2A에서 열거된 양성반응이 7일의 관찰 기간 내에 완전히 회복한다면 경미한 눈 자극(구분 2B)으로 고려될 수 있다.	경 고
호흡기 또는 피부 과민성(respiratory or skin sensitization)	호흡기 과민성(구분1)이란 물질을 흡입한 후 발생하는 기도의 과민증을 말한다.	1	1A	다음 어느 하나에 해당하는 물질은 호흡기 과민성 물질로 분류된다. ①사람에게특정호흡기과민성이일어날수있다는증거가있는경우 ②적절한동물실험결과호흡기과민성이양성인경우 사람에게 높은 빈도로 호흡기 과민성이 일어나는 물질 또는 동물 실험 및 다른 실험에 따라 사람에게 높은 빈도로 호흡기 과민성이 일어날 가능성이 있는 물질 반응의 강도도 고려될 수 있다.	위 험
			1B	다음 어느 하나에 해당하는 물질은 호흡기 과민성 물질로 분류된다. ①사람에게특정호흡기과민성이일어날수있다는증거가있는경우 ②적절한동물실험결과호흡기과민성이양성인경우 사람에게 중간 또는 낮은 빈도로 호흡기 과민성이 일어나는 물질 또는 동물 실험 및 다른 실험에 따라 사람에게 중간 또는 낮은 빈도로 호흡기 과민성이 일어날 가능성이 있는 물질 반응의 강도도 고려될 수 있다.	위 험

건강유해 성분류	정의	구분		구분내용	신 호 어
	피부 과민성(구분1) 이란 물질과 피부의 접 촉을 통한 알레르기성 반응을 말한다.	1	1A	다음 어느 하나에 해당하는 물질은 피부 과민성 물질로 분류된다. ①다수의사람에게피부접촉을통해피부 과민성이일어날수있다는증거가있는경우 ②적절한동물실험결과피부과민성이양 성인경우 사람에게 높은 빈도로 피부 과민성이 일 어나는 물질 또는 동물에게 상당한 피부 과민성이 일어나 사람에게도 상당한 피 부 과민성이 일어날 것으로 추정되는 물 질 반응의 강도도 고려될 수 있다.	경 고
			1B	다음 어느 하나에 해당하는 물질은 피부 과민성 물질로 분류된다. ①다수의사람에게피부접촉을통해피부 과민성이일어날수있다는증거가있는경우 ②적절한동물실험결과피부과민성이양 성인경우 사람에게 중간 또는 낮은 빈도로 피부 과민성이 일어나는 물질 또는 동물에게 중간 또는 낮은 정도의 피부 과민성이 일어나 사람에게도 중간 또는 낮은 정도 의 피부 과민성이 일어날 것으로 추정되 는 물질 반응의 강도도 고려될 수 있다.	경 고
생식세포 변이원성(g erm cell mutageni city)	자손에게 유전될 수 있는 사람의 생식세포 에서 돌연변이를 일으 키는 성질을 말한다. 돌 연변이란 생식세포 유 전물질의 양 또는 구조 에 영구적인 변화를 일 으키는 것으로 형질의 유전학적인 변화와 DNA 수준에서의 변화	1A		사람에서의 역학조사 연구결과 사람의 생식세포에 유전성 돌연변이를 일으키 는것에 대해 양성의 증거가 있는 물질	위 험
		1B		다음 어느 하나에 해당되어 사람의 생식 세포에 유전성 돌연변이를 일으키는 것 으로 간주되는 물질 ①포유류를이용한생체내(invivo)유전 성생식세포변이원성시험에서양성 ②포유류를이용한생체내(invivo)체세 포변이원성시험에서양성이고, 생식세포에	위 험

건강유해 성분류	정의	구분	구분내용	신 호 어
	모두를 포함한다.		돌연변이를일으킬수있다는증거가있음. ③노출된사람의정자세포에서이수체발 생빈도의증가와같이사람의생식세포변 이원성시험에서양성	
		2	다음 어느 하나에 해당되어 생식세포에 유전성 돌연변이를 일으킬 가능성이 있는 물질 ①포유류를이용한생체내(invivo)체세 포변이원성시험에서양성 ②기타시험동물을이용한생체내 (invivo)체세포유전독성시험에서양성 이고,시험관내(invitro)변이원성시험에 서추가로입증된경우 ③포유류세포를이용한변이원성시험에 서양성이며,알려진생식세포변이원성물 질과화학적구조활성관계를가지는경우	경 고
발암성(car cinogenic ity)	암을 일으키거나 그 발 생을 증가시키는 성질 을 말한다.	1	1A 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질	위 험
			1B 시험동물에서 발암성 증거가 충분히 있 거나, 시험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질	위 험
		2	사람이나 동물에서 제한된 증거가 있지 만, 구분 1로 분류하기에는 증거가 충분 하지 않는 물질	경 고
생식독성 (reproduc tive toxicity)	생식기능 및 생식능력 에 대한 유해영향을 일 으키거나 태아의 발생· 발육에 유해한 영향을 주는 성질을 말한다. 생 식기능 및 생식능력에 대한 유해영향이란 생	1	1A 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육 에 악영향을 주는 것으로 판단할 정도의 사람에서의 증거가 있는 물질	위 험
			1B 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육 에 악영향을 주는 것으로 추정할 정도의 동물시험 증거가 있는 물질	위 험

건강유해 성분류	정의	구분	구분내용	신 호 어
	식기능 및 생식능력에 대한 모든 영향 즉, 생식기관의 변화, 생식가능시기의 변화, 생식체의 생성 및 이동, 생식주기, 성적 행동, 수태나 분만, 수태결과, 생식기능의 조기노화, 생식계에 영향을 받는 기타 기능들의 변화 등을 포함한다. 태아의 발생·발육에 유해한 영향은 출생 전 또는 출생 후에 태아의 정상적인 발생을 방해하는 모든 영향 즉, 수태 전 부모의 노출로부터 발생 중인 태아의 노출, 출생 후 성숙기까지의 노출에 의한 영향을 포함한다.	2	사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 의심할 정도의 사람 또는 동물시험 증거가 있는 물질	경고
		수유 독성	다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①흡수, 대사, 분포 및 배설에 대한 연구에서, 해당 물질이 잠재적으로 유독한 수준으로 모유에 존재할 가능성을 보임 ②동물에 대한 1세대 또는 2세대 연구 결과에서, 모유를 통해 전이되어 자손에게 유해 영향을 주거나, 모유의 질에 유해 영향을 준다는 명확한 증거가 있음 ③수유 기간 동안 아기에게 유해성을 유발한다는 사람에 대한 증거가 있음	없음
특정표적장기 독성 - 1회 노출(specific target organ toxicity - single exposure)	1회 노출에 의하여 급성 독성, 피부 부식성/피부 자극성, 심한 눈 손상성/눈 자극성, 호흡기 과민성, 피부 과민성, 생식세포 변이원성, 발암성, 생식독성, 흡인 유해성 이외의 특이적이며, 비치사적으로 나타나는 특정표적장기의 독성을 말한다.	1	사람에 중대한 독성을 일으키는 물질 또는 실험동물을 이용한 시험의 증거에 기초하여 1회 노출에 의해 사람에게 중대한 독성을 일으킬 가능성이 있다고 판단되는 물질로, 다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①사람에 대한 사례 연구 또는 역학조사로부터 1회 노출에 의해 사람에게 중대한 독성을 일으킨다는 신뢰성 있고 질적으로 우수한 증거가 있는 경우 ②낮은 수준의 용량으로 1회 노출 동물시험에서 나타난 중대하거나 강한 독성 소견을 근거로, 1회 노출에 의해 사람에게 중대한 독성을 일으킬 것으로 추정되는 경우	위험

건강유해 성분류	정의	구분	구분내용	신 호 어
		2	실험동물을 이용한 시험의 증거에 기초하여 1회 노출에 의해 사람의 건강에 유해를 일으킬 가능성이 있다고 판단되는 물질로, 보통 수준의 용량으로 1회 노출 동물 시험에서 나타난 중대한 독성 소견을 근거로 1회 노출에 의해 사람의 건강에 유해를 일으킬 가능성이 있다고 추정되는 물질	경 고
		3	일시적으로 표적 장기에 영향을 주는 물질로, 노출 후 짧은 기간 동안 사람의 기능을 유해하게 변화시키고 구조 또는 기능에 중대한 변화를 남기지 않고 적당한 기간에 회복하는 영향으로 다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①사람의호흡기계기도를일시적으로자극하는것으로알려지거나동물실험결과호흡기계를자극한다고밝혀진경우(호흡기자극) ②사람에게마취작용을일으키는것으로알려지거나동물실험결과마취작용을일으킨다고밝혀진경우(마취영향)	경 고
특정표적정기 독성 - 반복 노출(specific target organ toxicity - repeated exposure)	반복 노출에 의하여 급성 독성, 피부 부식성/피부 자극성, 심한 눈 손상성/눈 자극성, 호흡기 과민성, 피부 과민성, 생식세포 변이원성, 발암성, 생식독성, 흡인 유해성 이외의 특이적이며 비치사적으로 나타나는 특정표적장기의 독성을 말한다.	1	사람에 중대한 독성을 일으키는 물질 또는 실험동물에서의 시험의 증거에 기초하여 반복 노출에 의해 사람에게 중대한 독성을 일으킬 가능성이 있다고 판단되는 물질로 다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①사람에대한사례연구또는역학조사로부터반복노출에의해사람에게중대한독성을일으킨다는신뢰성이있고질적으로우수한증거가있는경우 ②낮은수준의용량으로반복노출동물시험에서나타난중대하거나강한독성소견을근거로,반복노출에의해사람에게중대한독성을일으킬것으로추정되는경우	위 험

건강유해 성분류	정의	구분	구분내용	신 호 어
		2	실험동물을 이용한 시험의 증거에 기초하여 반복 노출에 의해 사람의 건강에 유해를 일으킬 가능성이 있다고 판단되는 물질로, 보통 수준의 용량으로 반복 노출 동물 시험에서 나타난 중대한 독성 소견을 근거로 반복 노출에 의해 사람의 건강에 유해를 일으킬 가능성이 있다고 추정되는 물질	경 고
흡인 유해성(as piration harzard)	액체나 고체 화학물질이 직접적으로 구강이나 비강을 통과거나 간접적으로 구토에 의하여 기관 및 하부호흡기계로 들어가 나타나는 화학적 폐렴, 다양한 단계의 폐손상 또는 사망과 같은 심각한 급성 영향을 말한다.	1	사람에 흡인 독성을 일으키는 것으로 알려지거나 흡인 독성을 일으킬 것으로 간주되는 물질로 다음 어느 하나에 해당하는 물질 ①사람에서흡인유해성을일으킨다는신뢰성있는결과가발표된경우 ②40℃에서동점도가20.5mm2/s이하인탄화수소	위 험
		2	사람에 흡인 독성 유해성을 일으킬 우려가 있는 물질로, 구분 1에 분류되지 않으면서, 40℃에서 동점도가 14mm2/s 이하인 물질로 기존의 동물 실험결과와 표면장력, 수용해도, 끓는점 및 휘발성 등을 고려하여 흡인유해성을 일으키는 것으로 추정되는 물질	경 고

〈부록 표-2〉 21년 제안된 공정분류 코드

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
SPC1	준비/ 지원	주 제품 및 서비스 생산 작업을 위해 부수적으로 필요한 원부재료 준비, 설 계, 유틸리티 관리, 각종 설비 및 장치 관리를 포괄하는 공정	*원, 부재료를 준비하여 입고 시킨다. *제품 설계 및 도면을 작성 한다. *동력제공을 위한 전기설 비를 관리한다. *사업장 내 시설 청소를 한다.	*폐수처리, 소각, 폐기 물 처리 등 은 '폐기물 처리(SPC37) '로 분류함	준비, 지원, 공무, 마킹, 영선, 입고, 동력, 청소, 보일 러실, 계전, 전처리, 원료입고, 도장준비, 준비단계, 재봉준비, 준비공정, 준비반, 레이저마킹, 레이저마 킹, 로트마킹, 금긋기, 부원료입고, 중간재입고, 기타 원료, 공무팀, 공무업무, 공무환경기술팀, 영선부, 영 선계, 영선실, 공작물, 공작, 동력실, 콤프레서실, 기 계실, 제어실, 선박청소, 탱크청소, 계전팀, 기타지원, 원사준비, 원료준비, 표식, 현도, 기타표식, 압인, 지 원운영, 생지입고
SPC2	주입	특정 물질을 빈 공 간에 채워 넣는 작 업이 주로 이루어 지는 공정	*촉매제를 투입한다. *자동차에 가솔린을 주유 한다. *배터리를 충전한다.	*주형에 쏘 물을 주입 하는 경우 '주조(SPC4) '로 분류함	주입, 삽입, 첨가, 충전, 투입, 장입, 기타투입, 용기투 입, 캔투입, 촉매투입, 원료투입, 전분투입, 마개투 입, 자동삽입, 수동삽입, 기타삽입, 브라켓삽입, 압입, 가스주입, 자동주입, 수동주입, 전해액주입, 기타주 입, 주입공정, 이온주입, 장입물, 기타충전, 자동충전, 시유충전, 발효유충전, 촉매첨가, 첨가제실, 투입구, PCB투입, 첨가제, 기판삽입, 핀삽입, 그리스주입, 내 화제주입, 수은주입, 절연물주입, 볼투입, 에폭시투 입, 우레탄투입, 수동충전, 냉매충전, 도료충전, 절연 유충전, 질소충전, 캡셀충전, LPG충전, MgO충전,

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
					합제충전, 전기충전, 겔부극충전, 기타전기충전, 가당, 가수, 가염, 가황, 부재료첨가, 사라다유첨가, 색소첨가, 수소첨가, 시럽첨가, 아황산첨가, 유당첨가, 종국첨가, 촉매반응, 주유, 기타첨가, 흡입, 흡인, 흡수, 기타흡입
SPC3	용해	열을 가하여 특정 물질을 녹이는 공정	*노에 알루미늄을 넣고 녹인다. *철스크랩을넣고가열하여녹인다.		용해, 전기로, 반사로, 큐폴라, 고주파유도용해, 용해로, 아연용해, 합금용해, 기타용해, 용해공, 용해공정, 고주파로, 노, 전로, 급속용해로, 알루미늄용해, 주석용해, 코발트용해, 납용해, 가스로, 고로, 고주파전기유도, 도가니로, 로타리용해로, 머플로, 아크가마, 아크로, 용선로, 저주파유도용해, 저주파유도전기, 전기가마, 평로, 기타용해로
SPC4	주조	금속을 녹여 액체로 만들어 형에 부어 굳히는 가공 공정	*주물사를 이용하여 형틀을 제작한다. *제작된주형에숯물을부어서형틀을채운다. *냉각된주형을해체하여주물사등을털어낸다.		주조, 다이캐스트, 몰드, 주물, 중자, 조형, 탈사, 연속주조, 주조주물, 금형주조, 로스트왁스주조, 진공주조, 기타주조, 조형틀, 조형틀제거작업, 후란조형, CO2중자조형, 기타조형, 조형공, 조형공정, 옥상조형물, 조형물, 쉘중자조형, 합형, 탈형, 형해체, 모래처리, 사처리, 가우징, 주물사주조, 원심주조, 원심성형, 저압주조, 홀몰드주조, 쇼주조, 쉘주조, 정밀주조, 주강수동, 기타주물

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
SPC5	압연	금속 소성 가공 방법의 하나로 롤(roll)을 이용하여 두께를 줄이고 일정하게 만드는 공정	*반죽된 원료를 롤러에 넣어 규격에 맞는 제품으로 성형하였다. *선재에서강선을인발하여선경을조정하였다. *금속을다이(틀)사이에넣고소성변형시켜원하는모양을만들었다.		압연, 압출, 신선, 냉간압연, 열간압연, 기타압연, 소형압출기, 압출기, 압출등, 트레드압출, 압출작업, 압출절연, 습식신선, 인발, 연선, 압연압출, 인발교정, 방사, 전조
SPC6	절단	물체의 일 부분을 힘을 이용하여 분리하거나 제거하는 각종 작업을 포괄하는 공정	*와인딩 된 제품을 원하는 규격으로 재단기를 통하여 절단하였다. *배합되어서형된고무소재를제품에규격에맞도록 재단하였다.	*절단과 병행되는 절곡 작업도 포함 *가공물의 표면을깎아내는 연삭, 연마작업은'연마'(SPC8)'로 분류함	절단, 재단, 절곡, 절삭, 커팅, 전단, 블랭킹, 절단절곡, 가스절단, CNC가스절단, 가스절단설비, 레이저절단, 슛돌절단, 와이어절단, EMD절단, 띠톱절단, 띠톱절단공정, 프라즈마절단, 프레스절단, 슬리팅, 전단작용, 전단기, 면대절단, 면취, 면취작업, 테두리가공, 목재절단, 기타절단, 고무판재단, 기타재단, 자동커팅, 재단기, 재단공정, 재단프레스, 파이프절단, 절곡기, 망사절곡, 곡직, 절삭가공, 절삭공구, 로봇절삭, 황삭, 유리재단, 재단과정, 절곡작업, 가위절단, 샤링, 단절, 가족재단, 종이재단, 골판지재단, 옷감재단, 제갑재단, 휠트재단, 방열포재단, 수동커팅, 유동절단, 절선, 컷타N/C, 컷팅V, 브랭킹, 기타절곡, 용단, 스카이빙절삭, 기타절삭, 브로칭절삭

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
SPC7	단조	금속을 가열 또는 상온의 고체상태에서 압력을 가해 제품을 만드는 공정	*금속을 프레스로 압력을 가해 일정한 모양으로 만들었다. *금속을 해머로 두드려서 일정한모양으로만들었다.		단조, 스웨이징, 열간단조, 냉간단조, 형단조, 단조법, 기타단조, 단조공, 단조공정, 자유단조, 특정, 헛다, 세심, 열간업셋팅
SPC8	연마	물체의 거칠한 부분이나 튀어나온 부분을 갈아서 평활, 평탄도를 유지하고 광택을 높이는 공정	*제품의 내, 외 표면을 그라인더로 갈아내었다. *샷블라스팅작업으로 제품표면을다듬었다. *연마재를분사하여소재나제품의표면의녹이나이물질을제거하였다.		연마, 그라인딩, 사상, 연삭, 호우닝, 버핑, 연마작업, 광택연마, 연마재, 바렐연마, 연마제, 피연마, 버프연마, 습식연마, 건식연마, 기타연마, 연마실, 벨트연마, 연마벨트, 화학연마, 전해연마, 싸우연마, 분사연마, 회전바렐연마, 연마기, 원형연마, 원형연마기, 평면연마, 평면연마기, 원통연마, 원통연마기, 유리연마, 다듬질, 파워사상, 랩핑, 샌딩, 트레드샌딩, 샌딩작, 샌딩작업, 줄작업, 쇼트블라스팅, 기타연삭, 평면연삭, 원통면연삭, 센타레스연삭, 셰이빙, 트리밍, 슈퍼피니싱, 브러싱, 샌드페이퍼, 에머리연마, 재연마, 쇼트, 대물연마, 랏지연마, 마정, 바루, 진동바렐연마, 흙연마, R연마, 내면연삭
SPC9	성형	소재에 물리적 또는 화학적 외력을 가하여 소성변형에 따른 형상변화를 유도하	*발포액을 틀에 넣어 발포시켜 제품을 제조하였다. *선반(lathe)을이용하여 공작물을회전시키면서바	* 주 조 (SPC4), 압 연 (SPC5), 절 단	성형, 가공, 권선, 발포, 드릴, 적층, 포밍, NC, 펠렛 성형, 절단, 압축, 후가공, 압출성형, 정형, 프레스성형, 사출성형, 기계가공, 밀링, 압축성형, 성형재료, 성형법, 트랜스퍼성형, 적층성형, 비드성형, 성형기,

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
		는 가공 공정	이트로가공하였다. *공작물에 회전하는 드릴을 이용하여 구멍을 뚫었다.	(SPC6), 단조(SPC7), 연마(SPC8)를 제외한 각종 금속 가공 작업이 포함됨	성형작업, 기타성형, 열성형, 열성형이란, 성형온도까지, 취입성형, 진공성형, 성형가공법, 관성형, 강화플라스틱성형, 도자기성형, 예비성형, 성형해보, 성형시, 로타리성형, 트레드성형, 사출성형기, 2차성형, 스티로폴성형, 발포제, 우레탄발포, 발포접착, 발포시켜서, 발포액, 발포작업, NVH발포, 제관, 제정, 압축공장, 압축기, 선반가공, 초음파가공, 기타가공, 기초가공, 톱날가공, 방전가공, CNC가공, N/C가공, MCT가공, 구부리는, 구부리, 배면, 양면가공, 전용기가공, 정밀가공, 허브가공, 카렌더가공, 천공, 천공기, LW천공, 편칭, 보링, 보링바이트, 보링가공, 드릴링, 피어싱, 탭핑, 스텝핑, 기타권선, 정리, 와인딩, 롤링가공, 성형프레스, 제함기성형, 성형화, 성형틀, 발포기, 나선형, 나선형태, 정형작업, 태핑, 예비발포, 약품발포, 기타발포, 엠보싱가공, 선삭, 평삭, 세이핑, 사이드밀링, 금구가공, 기계가공A/S, 타출판금가공, 모따기, 흠파기, 머리내기, 구부, 구활, 구활캣트, 나사작업, 나선, 내경확대, 다축드릴, 두곡, 두타, 뒤집기, 라운드엿찌, 라운드캣타, 라찌, 미각기, 배면캣타, 배환기, 병절, 봉공처리, 비틀림, 손목말이, 스트렌다, 어깨프레스, 액기생, 자동뜨임, 접기, 좌활, 좌활편치, 추리기, 코너R, 홀작업, 흠소재, 강화플라스틱성, 슬

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
					립, 세부형태잡기, 식품압출성형, 후레이크성형, 재성형, 망사절곡, 정열, 철심권선, 동선감기, 테이프감기, 실감기, 리와인딩, 용접, 롤링
SPC10	용접	고체상의 두 물질을 열과 압력으로 접합하는 작업	*납땜 인두를 이용하여 땜납을 녹여 금속을 접합하였다. *선체시공기준에 맞추어 가용접으로 취부하였다.		용접, 납땜, 솔더링, 취부, 가접, 아르곤용접, TIG용접, 스폿용접, 용접하기전, 가용접, 로봇용접, 용접기, 로봇용접기, 전기용접, 아크용접, MAG용접, 용접작업, CO2아크용접, 레이저용접, 저항용접, 용접모재, 기타용접, 프라즈마용접, MIG용접, 서브머지드아크용접, 플라즈마아크용접, 전자빔용접, 피용접물, 용접하느, 시임용접, 피용접, 점용접, 고주파용접, 가스용접, 기계용접, 배관용접, 용접하느, 저항용접법, LIL용접, 열용접, 열을이용한용접작, 열을이용한용접작업, 프로젝션용접, A/Q용접, 알루미늄용접작업, 용접기수리, 소방용접, 용접탭, 로봇용접, 스폿용접후, 용접계, 용접등, 보수용접, 와이어용접, 횡대로봇용접, 주주로봇용접, 띠장용접, 자동용접, LUG용접, 수동용접, 알루미늄용접, 인두납땜, 기타납땜, 납땜인두, 무연납땜, 디핑무연납땜, 디핑납땜, 자동납땜, 납땜실습, 주석땜, 가접합, 용접작업등, Spot용접, 경납땜, 은납땜, 피복아크용접, 아크스터드용접, 서브머지드아크, 플라즈마아크용, 원자수소용접, 테

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
					르밋용접, 그라비티용접, 압접, 초음파용접, 단접, 마찰용접, 병접, 브레이징용접, 황동용접
SPC11	접착	서로 다른 두 물질이 계면사이의 결합력으로 달라붙어 유지되도록 하는 작업 공정	*접착제를 이용하여 두개의 제품을 붙였다. *초음파를 이용하여용착하였다.		접착, 부착, 본딩, 접합, 접착제, 핫멜트접착, 기타접착, 롤라접착, 손접착, 테이프접착, UV접착, 접착풀, 접착작업, 접착제도포, 접지접착, 평판본딩, 금속본딩, 본딩작, 본딩작업, 풀칠, 진동용착, 기타부착, 부착하는작업, 상표부착, TAB부착, 열접착, 1차접착, 2차접착, 고주파접착, 임펄스식접착, 프레스접착, 고무접착, 유착, 감피부착, 스프링부착, 문짝부착, 장식부착, 합판부착
SPC12	조립	여러 부분품들을 하나의 구조물로 맞추어 완성하는 작업 공정	*자동차 차체를 조립하였다. *펌프수리후재조립하였다.		조립, 장착, 리벳, 골조조립, 리벳조립, 타가조립, 기타조립, 부품조립, 재조립, 밸브조립, 나사조립, 반도체조립, 배선조립, 배관조립, 볼조립, 브라켓조립, 선체조립, 스프링조립, 엔진조립, 의장조립, 차체조립, 핀조립, 사상조립, 철망조립, 조립성, 조립성형, 조립하는작업, 정밀조립, 내장재조립, 금속조립구조재, 클린병커조립, 조립공, 조립공정, C/F조립, 쿨링핀조립공, 쿨링핀조립공정, 세탁기조립, 조립작업, 타카조립, 조립공구, 노즐조립, 마그네트조립, 모타조립, 배터리조립, 볼펜조립, 샴시조립, 탑재, 블럭조립, 실드케이스조립, 아덱타조립, 안정기조립, 철선조립,

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
					카트리지조립, 캐핑, 파이프조립, 도아심, 레바조립, 리저버조립, 밸브탈착, 장착CAB
SPC13	열처리	금속 재료를 사용 목적에 따라 가열하고 냉각 방법을 조절해서 금속의 구조와 성질을 변화시키는 작업 공정	*재질을 경화시키려고 가열 후 급랭시켰다. *재질을 연하게 만들려고 가열후서서히냉각시켰다.		열처리, 담금질, 뜨임, 불림, 풀림, 표면경화, 소성, 소결, 기타열처리, 열처리로, 재열처리, 고주파열처리, 소성작업, 소성공정, 표면담금질, 템프링, 뜨임할 때, 소둔, 연속소둔설비, 상소둔설비, 침탄, 분말야금 팀, 소성로, 소결작업, 소둔로, 연소, 하소, 기타연소, 소려, 배소, 질화, 분말야금
SPC14	도금	특정 물체의 표면에 다른 물질을 얇게 입혀 본 재료의 성질보다 더 유용하게 만드는 공정	*알루미늄 제품을 아노다이징을 통해 산화피막을 형성시켰다. *크롬산을이용하여금속 표면에크롬층을입혔다.	*각종 도금 작업과 아노다이징을 포함	도금, 아노다이징, 구리도금, 니켈도금, 아연도금, 은도금, 크롬도금, 아연용융도금, 무전해도금, 기타도금, 아연바렐도금, 바렐도금, 청화동도금, 도금작업, 전기도금, 납도금, 철도금, 화학구리도금, 도금피막, 주석도금, 연속아연도금설비, 전기아연도금, 전기아연도금설비, 전기주석도금설비, 인산염피막처리, 니켈, 염화니켈, 황산니켈, 니켈층, 주석, 도금하고자, 금도금, 카드뮴도금, 화학니켈도금, 황동도금, 플라스틱도금, 다크로도금, 건식진공도금, 전해크로메이트, 크로메이트처리, 활성화, 정면, 동스트라이크, 알루미늄, 양극산화법, 코발트도금
SPC15	도장	물체 표면에 도료를 이용하여 도막을 입	*분체 도료를 이용하여 페인팅 하였다.		도장, 페인트, 신나, 도료, 분체도장, 도장도포, 칠솔도장, 분무도장, 스프레이도장, 액체도장, 정전도장,

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
		히는 작업 공정	*지하주차장바닥에방수 도포하였다.		침지도장, 롤러도장, 전착도장, 자동도장, 자동도장 2, 자동도장3, 자동도장4, 기타도장, 도포, 방수도포, 수지도포, 기타도포, 도형제도포, 함침, 부동도장, 프 라이어도장, 중간도장, 상도도장, 내화도장, 방청도 장, 고무도포, 이형제도포, 그리스도포, 색칠, 감광액 도포, 바니쉬도포, 연반죽도포, 형광물질도포, 플렉 스도포, 옥내도장, 옥외도장, 프레임도장
SPC16	표 면 처 리	제품 표면의 미화, 경화, 내식화 등을 목적으로 행해지는 여러가지 처리 작 업 공정	*선재 표면에 신선을 용이 하게 하기 위해 피막을 입 혔다. *제품내부녹방지를위해 에폭시수지를코팅하였다.	* 도 금 (SPC14), 도 장 (SPC15)을 제외한 각 종 표면처 리 작업을 포함	표면처리, 코팅, 도포, 피복, 수지코팅, 실리콘코팅, 에폭시코팅, UV코팅, 기타코팅, 스프레이코팅, 코팅 분, 코팅룸, 절연코팅, 코팅팀, 서머텔코팅, CBN코 팅, E코팅, 유약처리, 기타표면처리, 방청, 부식, 부식 방지, 방식, 식각, 코팅제, 코팅라인, 내면코팅, 왁스 처리, 유화제처리, 정전기방지처리, 침투제처리, 효 소처리, 흑화처리, 기타처리, 바니쉬코팅, 점착제코 팅, 오일코팅, 왁스코팅, 형광액코팅, 코일코팅, PVC 피복, 내부코팅, 언더코팅, 자동코팅, 코팅Z, 탑코팅, 테프론코팅, 증착, 착색, 금착색, 스퍼터링, 양극산화, 이온플레이팅
SPC17	세척	물, 세제, 용매, 물 리적 에너지 등을	*유기용제를 이용하여 생 산 제품 표면의 기름기, 이	*오염물 질 제거 외에	세척, 제거, 세정, 정제, 수처리, 물세척, 후처리, 산세 척, 탈지, 세탁, 녹제거, 방혈, 버제거, 왁스제거, 이물

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
		이용하여 이물질을 제거하는 작업 공정	물질을 제거하였다. *석유화학제품의불순물을 제거하여순도를높였다.	특정 물질의 순도를 높이기 위해 실시하는 정제, 탈색, 탈산, 탈황 등도 포함	질제거, 제습, 탈모, 탈산, 탈색, 탈수, 탈염, 알카리탈지, 탈피, 기타탈피, 탈황, 기타제거정제, 제거정제 공정, 기타정제, 정제공정, HCL정제, TCS정제, 혼합정제, 정제처리, 분사, 철계분사, 분사공정, 알칼리세척, 유기용제세척, 초음파세척, 세척기, TCE세척, 기타세척, 메탄올세척, 기판세척, 세척제, 상자세척, 설비세척, 에어세척, 세척공정, 세척작업, 1차세척, 식기세척기, 의료기세척, 금형조립및세척, 화학세척, 금형세척, 식기세척, 부품세척, 자동세척, 자동세척기, 세탁물, 세탁기, 세탁공정, 세탁실, 세차, 세병, 산처리, 처리, 흑화처리, 기타처리, 처리공정, 연소가스처리, 약품처리, 고도처리, 오존처리, 정화처리, 내장처리, 열처리, 수처리실, 수처리작업, 수세척, Air세척, 물세탁, 물세탁기, 표면처리, 전처리, 세척제거, 가스제거, 골피제거, 꼭지제거, 내장제거, 비닐제거, 석회염제거, 슬랙제거, 실밥제거, 심제거, 양금빼기, 염기제거, 용매제거, 제염, 제육, 주석제거, 탈취, 고온가열정제, 고진공증류정제, 압축정제, 이온교환정제, 화학적정제, 탈검, 자동분사, 수동분사, 조미액분무, 기타분무 분사, 증류수세척, 증기탈지, 전해탈지, 렌즈세척, 체인세척, 알카리처리, 염소처리, 알카리침전, 분무

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
SPC18	검사	이상 유무를 확인 하고 바로 잡는 작 업 공정	*자동차 엔진 이상 유무를 검사하고 정비하였다. *환자에게 검체를 채취하 여 병리시험분석하였다. *공정을 순회하며 펌프이 상 유무를 체크하였다.	*검사를 위 해 실시하 는 각종 측 정, 계량, 평 가, 분석, 시 험, 교정, 보 수 포함	검사, 측정, 시험, 수정, 테스트, 분석, 보수, 수리, 실험, 점검, 측량, 진료, 진찰, 치료, 품질, 연구, 계량, 실험실, 검수, 포장, 교정, 중간검사, 최종검사, 포장 검사, 기능검사, 기타검사, 임상검사, 조직검사, 성능 검사, 정기검사, 진단검사실, 진단검사, 수압검사, 기 밀검사, 건목검사, 비파괴검사, 누출검사, 병리검사 실, 외관검사, 먹는물검사, 안전성검사, 병리검사, 농수산물검사소, 축산물검사, 계측검사, 수치검 사, 제품검사, NDT, 금속검사, 미생물검사실, 미생물 검사, 공정검사, 비파괴검사법, 검사파트, 검사할, 설 비검사팀, 출하검사, 조직검사실, 진단검사의학과, 검사업무수행, 초음파탐상검사, 와전류탐상검사, 피 막검사, 종합검사실, 검사용, 조직검사실, 검사작업, 수질검사실, 수질검사, 검사실, 중앙검사실, 혈액검 사, 일반검사, 세균검사, 후각검사, 핀검사, 육안검사, 누설검사, 용기검사, 측정망, SAR측정, 가스측정, H2측정기, 계량등, 시험적, 태양광모듈시험, 시험분 석, 안전성시험, 시험제작, 시험실, 성능시험팀, 성능 시험, 성능시험실, 정성분석, 정량분석, QA분석실, 폐기물분석과, 식품분석과, 화학분석실, 표면분석, 분석업무, 무기분석, 성분분석, 공정시료분석, 환경 분석팀, 오일분석, 출하분석, 공정분석, 용폐수분석,

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
					분석실, 실험분석, 분석기, 유전자기능분석실, 원소 분석실, 환경분석실, 습식분석실, 유기분석실, 분석 장비, 유지분석실, 기기분석, 분석기시약제조, 제품 분석실, BET분석실, 현장점검, 현장순회점검, 설비 점검, 내부순회점검, 순회점검, 확인점검, 점검작업, 시운전, 기타수정, 수정공정, 금형수정, 검교정, 롤교 정기, 유로품보수, 보수작업, 탱크보수작업, 유지보 수작업, 가스디텍터유지보수, 유지보수, 금형보수, 궤도보수, 보수관리, 보수업무, 건물유지보수, 화학 실험실, VCM실험실, CA2실험실, CNT실험실, SM 실험실, 재료실험실, 사무동실험실, 이화학실험실, 미생물실험실, 역학실험실, 품질실험실, QC실험실, D실험실, 중앙실험실, Y2C실험실, 완제품검사, 특성 검사, 진단검사의학, 측정장치, 계량화, 약품계량, 유 화계량, 시험가동, 시험사출, 측압, 저항치측정, 온도 측정, 압력측정, 습도측정, 계면, 계피, 계평, 기타측 정, 검량, 재검사, 개관검사, 회로검사, 압력시험, 온 도시험, 가스시험, 전수검사, 진공시험, 보정, 리터치
SPC19	혼합	두 가지 이상의 물 질이 각각의 성질 을 지니면서 뒤섞	*원재료와 부재료를 칭량 하여 배합하였다. *처방전에따라약을조제	.	혼합, 믹스, 교반, 배합, 혼련, 조제, 분산, 희석, 안료 혼합, 기타혼합, 혼합살균실, 혼합실, 반죽, 페이스트 개발, 조색, 조제배합, 한약조제, 액상믹스, 혼합상태,

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
		이는 공정	하였다.		혼합기, 희석제, 고상믹스, 교동, 연압, 페이스트, 연 페이스트, 확산, 물희석, 신나희석, 반바리혼합, 바인 더혼합, 색소혼합, 연고혼합, 감광액조제, 잉크조색
SPC20	화학반응	특정 화학물질이 화학 변화를 통해 다른 물질로 변화되는 모든 반응 공정	*염소와 프로필렌을 합성하여 염화알릴, 염화수소를 생성하였다. *염기를투입하여중화반응을실시하였다.		화학반응, 화학, 반응, 합성, 분해, 축합, 전기분해, 중화, 산화, 기타반응, 반응이며, 부가반응, SM반응, 반응해, 반응기, 미반응, 인동반응, 조갈륨반응, 합성실, 합성고무, TCS합성, 분해상태, 산화제, 과산화수소제조, 과산화수소, 갈륨산화물공정, 중합체, 중합, 환원, 유기화학, 전기화학적, 석유화학, 석유화학공정, 기타화학, 재반응, 반응조, 반응제, 산화반응, 수산화, 수산화칼슘, 가성화, 가수분해, 디아조화, 메틸화, 방향화, 수소화, 수화, 술폰화, 아민화, 알콜화, 알킬화, 암모놀리시스, 에스테르화, 열분해, 염소화, 이성화, 인산화, 질환, 커플링탄산화, 하이드로포르밀, 할로겐화, 건류, 액화, 기화, 열개질, 전화, 나프타분해, 개시반응, 열반응, 후반응, 규산염형성, 당화, 유화, 이온교환, 조절, 농도조절, 속도조절, 수분조절, 온도조절, 균질화, 기타조절
SPC21	분리	혼합물로부터 다양한 방법으로 둘 이상의 구별된 물질로	*원료를 압착 여과하여 장액과 고형분을 분리시켰다. *분쇄된원료를체작업을	*식품가공과 관련된 발골 등의	분리, 냉각, 증류, 추출, 여과, 농축, 회수, 선별, 압착, 분류, 냉각탑, 냉각용, 냉각용수, 냉동, 냉동부위, 기타농축, 농축공정, NaOH농축, 재결정화실, 재결정,

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
		변환시키는 공정	통하여선별하였다. *감압증류법에의해물질을추출하였다.	분리 작업은 '식품 가공 (SPC30)' 으로 분류함	재결정화, 감압증류, 고진공증류공정, 분자증류, 분자증류공정, 분자증류기, 분별증류방법, SM증류, 기타여과, 여과공정, 사여과지, 유수분리, 병마개분리, 상분리, 공기분리파트, 필름분리, 고액분리, 분리함, 분리추출, 침전, 최종침전지, 스크린, 폐기물선별장, 감자선별, 분급, 용제추출, 기타추출, 추출공정, 중력추출, 압착공정, 유출, 유출수, 가압, 정련, 냉각대, 선별기, 색체선별기, 냉장, 냉각결정, 초저온냉동, 서냉, 냉풍냉각, 수류냉각, 자연냉각, 진공냉각, 예비냉각, 기타냉각, 동결농축, 진공농축, 증발, 가열증발, 분무증발, 열풍증발, 진공증발, 천일증발, 기타증발, 결정, 진공결정, 경화, 응고, 기타결정, 가압증류, 정류, 기타증류, 백필터, 프레스필터, 오토벨레즈필터, 집진, 원심분리, 체질, 분무분리, 분체분리, 수층분리, 유화침전분리, 입도분리, 비중선별, 선과, 가스분리, 박분리, 색상분류, 진공분류, 침강, 기타침전, 용출, 착유, 착즙, 석출, 배출, 분출, 침출, 승압, 감압, 가스압축, 기타압축, 스트리핑, 분쇄수화제, 일반수화제
SPC22	건조	물을 함유한 물질에서 물을 제거하는 작업 공정	*인쇄된 제품을 건조기에 통과시켜 건조하였다. *열풍을이용하여액체성		건조, 탈수, 열풍건조, 기타건조, 동결건조, 분무건조, 진공건조, 원심탈수건조, 재건조, 고온건조, 건조로, 건조기, 자연건조, 일광건조, 인공건조, 감압건조, 고

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
			분을기화시켜제거하였다.		주파건조, 유병식건조, 적외선건조, 증발건조, 포말건조, 피막식건조, 소건, 서건, 염건, 배건, 예비건조, 본건조
SPC23	분쇄	고체 입자를 더 작은 크기로 부수거나 잘라내는 작업 공정	*광물을 잘게 파쇄하였다. *원료들을밀(mill)에넣어 분쇄하였다.		분쇄, 파쇄, 광물분쇄, 분쇄작업, 기타분쇄, 분쇄공정, 분쇄용융, 투입분쇄, 습식분쇄, 습식분쇄작업, 파과분쇄실, 이불파쇄, 분쇄기, 미분쇄, 분쇄설비, 파쇄설비, 건식분쇄, 조쇄, 플라스틱분쇄, 곡물분쇄, 자동분쇄
SPC24	침지	물질을 액체에 담가두어 화학적 변화를 일으키는 작업 공정	*배양시킨 미생물을 곡물과 함께 섞고 발효시켰다.	*발효, 숙성을 포함	침지, 숙성, 발효, 침산, 숙성로, 숙성실, 전발효실, 발효공정중, 후발효실, 발효유제조, 시유및발효유제, 시유및발효유제조, 발효유, 발효균, 발효가공동, 고상배양, 배양, 배양시킨, 물침적, 소금침지, 석회침지, 약액침지, 함침, 절연유함침, 냉온침지, 양생, 수중양생, 기타침지, 주발효, 후발효, 스폰지발효, 크림발효, 알콜발효, 산발효, 기타발효, 균접종, 시드배양, 종모배양, 효모배양, 기타배양
SPC25	살균	미생물에 물리적, 화학적 자극을 가하여 멸균 소독하는 공정	*중앙공급실에서 환자 의류를 EO 가스 소독기로 살균하였다. *포름알데히드를증기를 이용하여종란의표면을소독하였다.		살균, 멸균, 방부, 고압살균, 고온순간살균, 살균목적, 방사선조사, 방부제처리, 진공관살균, 저온살균, 항생제처리, 후살균, 소금절임, 설탕절임, 훈연가공, 훈제, 기타살균

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
SPC26	저장	특정 공간에 모아 서 쌓아 두는 공정	*유연탄을 야외에 적재하 였다. *제품을지게차를이용하 여창고에적재하였다.		저장, 사일로, 야적, 적재, 창고, 냉동저장, 저장고, 유독물저장소, 유연탄저장, 적치, 야적장, 냉장저장, 저장탱크, 하치장, 기타저장
SPC27	포장	물건을 싸서 꾸리는 일체의 작업 공정	*제품을 일정한 용기에 담 고 라벨링 하였다.		포장, 라벨, 밀봉, 실링, 진공포장, 박스포장, 인력포 장, 포대포장, 기타포장, 비닐자동포장, 비닐자동포 장기, 포장작업, 반자동포장, 자동포장, 드럼포장, 포 장하는공, 포장하는공정, 내포장, 외포장, 냉연1포 장, 포장공정, 냉연2포장, 냉연3포장, 냉연4포장, 열 연1포장, 열연2포장, 열연3포장, pp포장, 포장실, PA포장실, 발효유포장, 바닥포장, 포장재, 탄성포장 재, 제품포장실, 자동포장실, 박스포장실, 파레트포 장, 포장공장, 기타밀봉, 밀봉공정, 용착밀봉, 오토실 링, 실링작업, 소포장, 로타리포장, 백포장, 벌크포장, 지대포장, 갑포장기, 포포장, 포장기, 상자포장, 포장 설비, 포장포대, 자동포장기, 포장용, 포장용기, 포장 지, 라벨링, 갑포장, 병포장, 캔포장, 케이싱, 가권체, 본권체, 진공권체, 타전밀봉, 휠펌프
SPC28	운반	탈것 따위에 실어 서 옮겨 나르는 일	*제조된 상자포장을 지게 차 등을 이용하여 출하하		운반, 출하, 이송, 하역, 완성, 차량운반, 인력운반, 기계운반, 대차운반, 지게차운반, 기타운반, 운반공,

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
		체의 작업 공정	였다. *크레인을 이용하여 다음 공정으로 이동시켰다.		운반공정, 크레인운반, 물건운반, 트랜스포터운반, 제품출하, 제품출하팀, 일반출하, 출하업무, 입출하 대, 운반보조설비, 콘베이어운반, 엘리베이터운반
SPC29	광업	광산에서 채굴, 채 광하는 일체의 작 업 공정	*터널내에 폭약을 설치하 여 발파하였다. *채석장에서 착암기로 바 위를 뚫었다.	* 터널 내 에 서 이루어지 는 발파, 굴 진 작업 포함	터널, 터널작업, 굴진, 발파, 채탄, 터널굴진, 광업, 탐광, 개갱, 갱내지주시공, 광차적재
SPC30	식품가공	식품 가공 및 조리 관련 일체의 자업 공정	*밀가루등의 재료를 사용 하여 면을 제조하였다. *환자의 영양섭취를 위해 음식물을 조리하였다.	*식품 조리 를 포함한 식품 생산 및 가공 일 체의 작업 공정을 모 두 포함	식품가공, 식품, 요리, 조리, 조림, 골발, 육가공, 백 미, 식품공업, 가열, 끓임, 예열, 굽기, 조리함, 조리 실, 조리가공, 튀김, 가스튀김, 절임, 곡물가공, 정곡, 고추제분실, 제분, 도살, 김, 유제품제조, 퍼핑, 냉동 식품, 면제조, 소맥분증자, 기타식품, 조미, 삶음, 오 븐가열, 찌기, 볶기, 초벌구이, 본구이, 장식구이, 열 탕처리, 호화, 기타가열, 통조림, 병조림, 젓갈담금, 정맥, 압맥, 해체, 고기다짐, 숙지, 적출, 탕박, 예박, 토스팅, 육만기, 집유, 정유, 크림분리, 유청제거, 커 드자르기, 튀적, 커드분쇄, 로스팅, 프리믹스투입, 입 상, 선창, 빙관, 수유조, 청정, 저유조, 병힐기, 크레이 트패킹, 테트라실, 급동, 탈빙, 면대제조, 결속, 면선, 증좌, 발효식품, 찌콩, 코오지제조, 간장덧, 살수, 증 자, 증자압착, 제국, 보쌈, 출국, 배전, 타전, 박취, 맥아제조, 발아, 밀술담금, 제성, 술덧, 세미, 과즙조

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
					정, 선립, 자비, 호프첨가, 술밀첨가, 껌제조, 껌베이스, 껌판, 담배제조, 각초조화, 퇴적조화, 절각, 권련, 절출기, 주스처리, 캔투입
SPC31	섬유가공	각종 섬유제품 생산을 위한 일체의 가공 공정	*원사를 이용하여 직물을 직조하였다. *재봉틀이나손으로바느질하여의류등의제품을만들었다.		섬유가공, 섬유, 방직, 나염, 편직, 직물, 모소, 봉제, 표백, 모피, 연사, 합사, 텐타, 직포, 소면, 부직포, 혼타, 연조, 정방, 정방기, 연사작업, 방사, 용융방사, 연신, 가호, 비밍, 통경, 복합사, 편직물, 해사, 염색, 염색이완료, 염색작업, 염색기, 정련, 정련투입전, 사염, DTP나염, 나염작업방법, 증열, 기모, 박기모, 방축가공, 유연가공, 감량가공, 개면, 견면, 박음질, 모피가공, 섬유제품, 세이빙, 여러가지, 가연와인다, 스카차, 실켓트, 아야, 유직, 자수, 점보와인다, 축소, 카바링, 크릴, 피치, 해포, 물정방, 정경, 편직기, 가지런히, 섬유공업, 정소면, 드래프트, 시방, 조방, 후방, 습식방사, 건식방사, 방사원액제조, 열고정, 권축, 유제처리, 혼섬, 정섬, 더블링, 편포, 표백작업, 침염, 포염, 스크린나염, 롤러나염, 전사나염, 톱염, 연염, 인날, 풀먹이기, 폭내기, 축융, 털깎기, 머서화가공, 의마가공, 워쉬엔드웨어가, 대전방지가공, 방오가공, 친수화가공, 방수가공, 경화가공, 증량가공, 방충가공, 향균방취가공, 방염가공, 개폭, 것도리, 봉재, 쌍

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
					침, 고침, 기초박음질, 다리미질, 단추달기, 표면절삭, 모피의피니싱, 유제, 식물유제, 크롬유제, 가지, 계피, 기타섬유, 로타리와샤, 리랏샤, 백와샤, 보빈와인다, 산포라이징, 스티마, 식모, 야로, 엔드레샤, 연경, 연 폭, 와인다SOFT, 와인다STY, 절포, 정사, 편와인다, 합포, 호발, 호소, ATY사, TY사, ITY사, Rolling, 세축, 세웅
SPC32	신발제조	신발 제조와 관련된 일체의 작업 공정	*생고무로 생지를 만든후 그 위에 발형을 올려놓고 밀창을 만들었다.		신발제조, 신발, 갑피, 제화, 핫프레스, 빠빙, 시야게, 로루, 재봉구목, 고리꺾기, 타가, 호칠, 힐라스트, 게 이지, 와이어브러시, 선칠, 탈골, 면도리기, 제갑, 굵 마무리작업, 젤라스팀, 기타신발
SPC33	인쇄	잉크를 이용하여 판면에 그려져 있는 글이나 그림 등을 종이, 천 따위에 박아 내는 일체의 작업 공정	*배합된 잉크를 스크린에 도포하여 인쇄하였다.		인쇄, 그라비아, 옵셋, 톰슨, 프린팅, 제판, 옵셋인쇄, 옵셋인쇄기, 옵셋인쇄형태, 그라비아인쇄, 스크린인쇄, 기타인쇄, 촬영, 촬영기, 필름제판, 사진제판, 제 판사용시, 소부, 현상, 자동현상, 필름현상및정, 필름 현상및정착, 프레임제작, 윤전, 윤전공정, 톰슨기, 제 본, 제본과정, 제본작업, 제본까지, 접지, 정합, 정합 기, 무선, 무선기, 접합, 인쇄물, 인쇄기, 인쇄할, 인쇄 판, 인쇄전, 인쇄틀, 플레소인쇄, 인쇄체, 양각인쇄방 식, 피인쇄체, 패드인쇄, UV인쇄, 인쇄방식, 카본인쇄, 액상실버인쇄, 추가인쇄, 마스타인쇄, 경인쇄, 플

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
					렉시볼인쇄, 피인쇄물, 인쇄소, 후렉스인쇄, 후렉스 인쇄작, 후렉스인쇄작업, 자동인쇄, 종이, 인쇄형태, 인쇄기법, 목재, 원고편집, 전산사식, 식자, 전산조판, 제판사메기, 스캐닝, 노광, 급지, 마스터, 수동통슨, 자동통슨, 합지, 간추리기, 사철, 중철, 봉합, 양장, 망사매기, 정밀인쇄
SPC34	종이/펄 프 제조	종이 또는 펄프 제 조와 관련된 일체 의 작업 공정	*종이를 리와인더를 이용 하여 감았다.		종이, 펄프, 제지, 초지, 고해, 펄프 제조, 제지원료, 사이징, 쇠목펄프, 야황산펄프, 조목작업, 증해액조 제, 증해
SPC35	목재가공	목재를 이용하여 제품을 생산하는 일체의 가공 공정	*목재를 대패질하여 다듬 었다. *목재를가공하여문틀을 제작했다.		목재가공, 목재, 대패, 목취, 대차, 못박기, 조각, 타 카, 기타목재, 자동대패, 각목제조, 판재제조, 세이강, 열압, 목립, 기타, 골형성, 발송
SPC36	전 기 전 자산업	전기전자산업 관련 제품 생산 관련 일 체의 작업 공정	*웨이퍼에 회로패턴을 형 성시켰다. *웨이퍼를침베에넣고화 학증기증착을실시했다.		전기전자산업, 반도체, 웨이퍼, 에피택시, 기타전기 전자산업공정, 개구봉입, 격리판제조, 격자제조, 극 판가공, 배기대, 베이싱, 설담금, 세퍼레이터삽입, 아 연관제조, 연분제조, 철심반, 축전지상자제조, 파파 라이드방식, 페이스트방식, 합제제조, 웨이퍼제작, 웨이퍼가공, 단결정화, 인상법, FZ법, 라소그라피, PN접합, 에피텍셀, 집적화

제안 공정 코드	제안 공정명	설명	주요 작업 예시	특이사항	색인어
SPC37	폐 기 물 처리	각종 폐기물 (폐수포함)처리관 련일체의작업공정	*1차 여과된 폐수를 pH 를 조정하였다. *폐기물을소각하였다.		폐기물처리, 폐기물, 폐수처리, 폐수, 소각, 쓰레기, 슬러지, 오니, 폐수처리장, 폐수처리업무, 폐수처리 작업, 폐수처리실, 소각처리, 소각재
SPC38	기타	위 표준공정으로 분류되지 못하는 공정			기타, 기타공정, 기타공, 기타설비, 기타토건

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 이유진(연구위원, 직업환경연구실)

연구원 : 노지원(과장, 직업환경연구실)

연구원 : 김세동(과장, 직업환경연구실)

연구기간

2022. 1. 31 ~ 2022. 11. 30.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**중대재해처벌법 시행에 따른 급성중독 위험직무 예측
(2022-산업안전보건연구원-783)**

발 행 일 : 2022년 12월 31일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 직업환경연구실 연구위원 이유진

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 052-703-0884

팩 스 : 052-703-0347

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

I S B N : 979-11-92782-32-4

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체