

최종보고서

중대재해처벌법에서 규정한 직업성 질병에 대한 자율안전보건 가이드 개발(Ⅰ)

-중대법 시행령 [별표 1]
‘직업성 질병’의 1호에서 16호까지

조기홍·김부욱·윤진하·김지우·천지영·심진우
·한진희·백성욱·임명훈

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “중대재해처벌법에서 규정한 직업성 질병에 대한 자율안전보건 가이드 개발(I)”의 최종보고서로 제출합니다.

2023년 11월

연구진

연구기관 : 대한산업보건협회 산업보건환경연구원

연구책임자 : 조기홍 (수석연구원, 대한산업보건협회 산업보건환경연구원)

연구원 : 김부옥 (책임연구원, 대한산업보건협회 산업보건환경연구원)

연구원 : 윤진하 (부교수, 연세대학교 의과대학)

연구원 : 김지우 (연구원, 대한산업보건협회 산업보건환경연구원)

연구원 : 천지영 (연구원, 대한산업보건협회 산업보건환경연구원)

연구원 : 심진우 (연구원, 대한산업보건협회 산업보건환경연구원)

연구원 : 한진희 (대표, 디자인한)

연구보조원 : 백성욱 (전공의, 연세대학교 의과대학)

연구보조원 : 임명훈 (전공의, 연세대학교 의과대학)

요약문

- 연구기간 2023년 04월 ~ 2023년 11월
- 핵심단어 중대재해처벌법, 직업성 질병, 급성중독, 자율안전보건 가이드
- 연구과제명 중대재해처벌법에서 규정한 직업성 질병에 대한 자율안전보건 가이드 개발(1) - 중대법 시행령 [별표 1] '직업성 질병'의 1호에서 16호까지

1. 연구배경

「중대재해 처벌 등에 관한 법률」(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일 시행되었음에도 불구하고, 같은 법 시행령 [별표 1]에서 규정한 급성중독에 해당되는 사고와 이에 따른 직업성 질환자는 꾸준히 발생하고 있고 관련 정보는 미흡하거나 여러 곳에 산재되어 있어 쉽게 찾고 이해하기 어려운 실정이다. 따라서 이를 보완하여 일선 현장에 중대재해처벌법이 원활하게 안착되는 데 도움이 될 수 있는 자율안전보건 가이드를 개발하는 것이 필요하다.

2. 주요 연구내용

1) 직업성 질병 예방을 위한 제1~16호 자율안전보건 가이드 개발

(1) 범위 및 구성

- 자율안전보건 가이드 작성에 있어 범위는 중대재해처벌법 시행령 [별표 1] '직업성 질병'의 제1호에서 제16호까지로 하며, 구분은 각 호별로 하였다.
- 자율안전보건 가이드는 관리자용과 근로자용을 구분하여 개발하였다. 또한 첨부를 통해 관리자용, 근로자용 작업 전 체크리스트와 근로자용

OPS(One Page Sheet)를 제시하였다.

○ 제13호의 경우 해당되는 유해인자가 매우 많으므로 사회적 관심도 및 시급성을 고려하여 위탁기관인 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원과 합의된 트리클로로메탄(클로로포름), 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 퍼클로로에틸렌으로 하였다.

(2) 내용

가) 자율안전보건 가이드의 목적 및 필요성 제시

○ 직업성 질병을 유발할 수 있는 해당 유해인자를 기준으로 실제 사용하는 작업 공정 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리하였다.

○ 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있음을 제시하였다. 또한 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험인자에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있음을 제시하였다.

나) 국내 관련 법령에 따른 규제 현황 및 국내·외 노출기준 비교 제시

○ 국내 중대재해처벌법과 관련된 산업안전보건법, 화학물질관리법 및 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(이하 화학물질등록평가법), 폐기물관리법 등의 타 법령에서의 규제 현황을 제시하였다.

○ 국외 산업안전보건청(OSHA), 국립산업안전보건연구원(NIOSH), 산업위생전문가협회(ACGIH), 캘리포니아 산업안전보건청(CAL/OHSA) 등에서의 노출기준을 비교하여 제시하였다.

다) 유해인자별 기본 특성 및 위험성 제시

○ 해당 유해인자별 CAS Number, 화학식 및 화학구조, 동의어, 물리·화

학적 특성 등 기본적인 내용과 위험한 상황이 발생할 수 있는 특징을 서술하였다.

○ 위험성의 경우 단기노출에 따른 주요 인체 내 작용기전, 나타나는 증상, 표적장기독성 등의 급성독성 및 건강영향을 고찰하여 제시하였다. 이때 만성 독성이라도 증대할 경우 포함하였다.

라) 국내 주요 노출(또는 사고) 공정 및 업무내용 제시

○ 해당 유해인자가 사용되거나 발생하여 근로자에게 영향을 미칠 가능성이 있는 국내 주요 노출(또는 사고) 공정과 업무내용을 조사하여 제시하였다.

○ 쉽게 이해할 수 있도록 주요 노출(또는 사고) 공정 흐름도를 그림으로 제시하였다.

마) 국내·외 급성중독사고 사례 제시

○ 국내 사고사례는 가능한 모든 사례를 확인하고자 하였고, 국외 사고사례는 국내 사업장을 고려했을 때 적용 가능하다고 판단되는 주요 사례를 조사하여 제시하였다.

○ 위탁기관인 산업안전보건연구원으로부터 제공받은 최근 3개년 작업환경 측정결과 및 산업재해통계 자료를 분석하여 해당 내용에 반영하였다.

바) 재해예방 조치사항으로 공학적, 관리적, 개인적 대책 제시

○ 각 유형별 작업환경에 따른 재해예방 조치사항을 공학적, 관리적, 개인적 대책으로 구분하여 제시하였다.

○ 공학적 대책으로는 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하는 것, 비상세척 및 세안설비를 마련하는 것, 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하는 것 등을 제시하였다.

○ 관리적 대책으로는 노출 환경으로부터 노출 시 즉시 대피시키거나 대피

하는 것, 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하는 것, 근로자에게 안전보건 교육 및 정보제공을 해야 하는 것, 대체물질을 검토하는 것, 물질안전보건자료를 최신화 할 것 등을 제시하였다.

○ 개인적 대책으로는 적정 보호구를 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하거나 올바르게 착용하는 것, 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하거나 실천하는 것 등을 제시하였다.

3. 연구 활용방안

일선 현장에서 사업주 및 관리자와 근로자에게 중대재해처벌법에서 규정한 직업성 질병에 대한 정보를 알기 쉽게 전할 수 있는 자율안전보건 가이드를 개발하였다. 이는 사업주 및 근로자에게 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용될 수 있고 근로자에게는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험인자에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리하는 데 활용될 수 있을 것으로 보인다.

4. 연락처

- 연구책임자 : 대한산업보건협회 산업보건환경연구원 수석연구원 조기홍
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 연구위원 조지훈
 - ☎ 052) 703. 0884
 - E-mail lmalone@kosha.or.kr

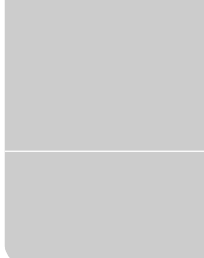
목 차

Ⅰ. 서론	3
1. 연구 배경 및 필요성	3
2. 연구 목표	12
Ⅱ. 연구 내용 및 방법	15
1. 연구 내용 및 범위	15
2. 연구 방법	19
Ⅲ. 연구 결과	23
1. 국내·외 관련 선행 연구	23
2. 각 호별 유해인자에 따른 자율안전보건 가이드	29
1) 직업성 질병 예방을 위한 염화비닐·유기주석·메틸브로마이드·일산화탄소 자율안전보건 가이드	30

목 차

2) 직업성 질병 예방을 위한 납이나 그 화합물 자유평안보건 가이드 · 95	95
3) 직업성 질병 예방을 위한 수은이나 그 화합물 자유평안보건 가이드 · 120	120
4) 직업성 질병 예방을 위한 크롬이나 그 화합물 자유평안보건 가이드 149	149
5) 직업성 질병 예방을 위한 벤젠 자유평안보건 가이드 ······	177
6) 직업성 질병 예방을 위한 톨루엔·크실렌·스티렌·시클로헥산·노말헥산· 트리클로로에틸렌 자유평안보건 가이드 ······	199
7) 직업성 질병 예방을 위한 이산화질소 자유평안보건 가이드 ····	235
8) 직업성 질병 예방을 위한 황화수소 자유평안보건 가이드 ·····	258
9) 직업성 질병 예방을 위한 시안화수소 자유평안보건 가이드 ····	279
10) 직업성 질병 예방을 위한 불화수소·불산 자유평안보건 가이드 ··	304
11) 직업성 질병 예방을 위한 인이나 그 화합물 자유평안보건 가이드 ·	327
12) 직업성 질병 예방을 위한 카드뮴이나 그 화합물 자유평안보건 가이드	349

13) 직업성 질병 예방을 위한 트리클로로메탄·사염화탄소·아크릴로니트릴·1,1,2,2-테트라클로로에탄·퍼클로로에틸렌 자율안전보건 가이드	373
14) 직업성 질병 예방을 위한 디이소시아네이트·염소·염화수소·염산 자율안전보건 가이드	422
15) 직업성 질병 예방을 위한 트리클로로에틸렌 자율안전보건 가이드	457
16) 직업성 질병 예방을 위한 트리클로로에틸렌·디메틸포름아미드 자율안전보건 가이드	485
IV. 결론	520
참고문헌	522
Abstract	527



목 차

[부록 1] 관리자, 근로자를 위한 작업 전 체크리스트532

[부록 2] OPS 570

표 목차

표 1. 중대재해처벌법 제2조(정의)	4
표 2. 중대재해처벌법 시행령 제2조(직업성 질병자)	4
표 3. 중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병(제2조 관련)	4
표 4. 최근 3년간(2020~2022년) 산업재해 발생현황	7
표 5. 최근 3년간(2020~2022년) 질병종류별 산업재해 발생현황	9
표 6. 국내·외 국가 및 기관별 노출기준	16
표 7. 국내·외 국가 및 기관별 급성노출에 따른 노출기준	16
표 8. 유기주석 화합물 국내 유통량	40
표 9. 염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소 취급 시 착용 보호구	58
표 10. 유기주석 화합물 국내 유통량	73
표 11. 염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소 취급 시 착용 보호구	87
표 12. 납이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	107
표 13. 납이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	118
표 14. 수은이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	133
표 15. 수은이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	145
표 16. 크롬이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	162
표 17. 크롬이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	174
표 18. 벤젠 취급 시 착용 보호구	187
표 19. 벤젠 취급 시 착용 보호구	196
표 20. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구	218

표 목차

표 21. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말색산, 트리클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구	232
표 22. 이산화질소 취급 시 착용 보호구	246
표 23. 이산화질소 취급 시 착용 보호구	255
표 24. 황화수소 취급 시 착용 보호구	268
표 25. 황화수소 취급 시 착용 보호구	276
표 26. 시안화수소나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	289
표 27. 시안화수소나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	300
표 28. 불화수소/불산 취급 시 착용 보호구	314
표 29. 불화수소/불산 취급 시 착용 보호구	324
표 30. 인 취급 시 착용 보호구	337
표 31. 인 취급 시 착용 보호구	346
표 32. 카드뮴이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	360
표 33. 카드뮴이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구	371
표 34. 트리클로로메탄, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 퍼클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구	395
표 35. 트리클로로메탄, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 퍼클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구	416
표 36. 디이소시아네이트, 염소, 염화수소, 염산 취급 시 착용 보호구	438
표 37. 디이소시아네이트, 염소, 염화수소, 염산 취급 시 착용 보호구	452
표 38. 트리클로로에틸렌의 노출빈도가 높은 업종	462

표 39. 트리클로로에틸렌의 노출빈도가 높은 공정	463
표 40. 트리클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구	470
표 41. 트리클로로에틸렌의 노출빈도가 높은 업종	477
표 42. 트리클로로에틸렌 노출빈도가 높은 공정	478
표 43. 트리클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구	482
표 44. 트리클로로에틸렌의 노출빈도가 높은 업종	492
표 45. 트리클로로에틸렌 노출빈도가 높은 공정	492
표 46. 트리클로로에틸렌, 디메틸포름아미드 취급 시 착용 보호구	501
표 47. 트리클로로에틸렌의 노출빈도가 높은 업종	510
표 48. 트리클로로에틸렌 노출빈도가 높은 공정	510
표 49. 트리클로로에틸렌, 디메틸포름아미드 취급 시 착용 보호구	516
표 50. 염화비닐 관리자 체크리스트	532
표 51. 유기주석 관리자 체크리스트	532
표 52. 메틸브로마이드 관리자 체크리스트	533
표 53. 일산화탄소 관리자 체크리스트	534
표 54. 납이나 그 화합물 관리자 체크리스트	534
표 55. 수은이나 그 화합물 관리자 체크리스트	535
표 56. 크롬이나 그 화합물 관리자 체크리스트	536
표 57. 벤젠 관리자 체크리스트	536
표 58. 톨루엔 관리자 체크리스트	537
표 59. 크실렌 관리자 체크리스트	538

표 목차

표 60. 스티렌 관리자 체크리스트	538
표 61. 시클로헥산 관리자 체크리스트	539
표 62. 노말헥산 관리자 체크리스트	540
표 63. 트리클로로에틸렌 관리자 체크리스트	540
표 64. 이산화질소 관리자 체크리스트	541
표 65. 황화수소 관리자 체크리스트	542
표 66. 시안화수소나 그 화합물 관리자 체크리스트	542
표 67. 불화수소, 불산 관리자 체크리스트	543
표 68. 인 관리자 체크리스트	544
표 69. 카드뮴이나 그 화합물 관리자 체크리스트	544
표 70. 트리클로로메탄 관리자 체크리스트	545
표 71. 사염화탄소 관리자 체크리스트	546
표 72. 아크릴로니트릴 관리자 체크리스트	546
표 73. 1,1,2,2-테트라클로로에탄 관리자 체크리스트	547
표 74. 퍼클로로에틸렌 관리자 체크리스트	548
표 75. 디이소시아네이트 관리자 체크리스트	548
표 76. 염소 관리자 체크리스트	549
표 77. 염화수소, 염산 관리자 체크리스트	549
표 78. 디메틸포름아미드 관리자 체크리스트	550
표 79. 트리클로로에틸렌 관리자 체크리스트	551
표 80. 염화비닐 근로자 체크리스트	552

표 81. 유기주석 근로자 체크리스트	552
표 82. 메틸브로마이드 근로자 체크리스트	553
표 83. 일산화탄소 근로자 체크리스트	553
표 84. 납이나 그 화합물 근로자 체크리스트	554
표 85. 수은이나 그 화합물 근로자 체크리스트	554
표 86. 크롬이나 그 화합물 근로자 체크리스트	555
표 87. 벤젠 근로자 체크리스트	556
표 88. 톨루엔 근로자 체크리스트	556
표 89. 크실렌 근로자 체크리스트	557
표 90. 스티렌 근로자 체크리스트	557
표 91. 시클로헥산 근로자 체크리스트	558
표 92. 노말헥산 근로자 체크리스트	558
표 93. 트리클로로에틸렌 근로자 체크리스트	559
표 94. 이산화질소 관리자 체크리스트	559
표 95. 황화수소 근로자 체크리스트	560
표 96. 시안화수소나 그 화합물 근로자 체크리스트	561
표 97. 불화수소, 불산 근로자 체크리스트	561
표 98. 인 근로자 체크리스트	562
표 99. 카드뮴이나 그 화합물 근로자 체크리스트	562
표 100. 트리클로로메탄 근로자 체크리스트	563
표 101. 사염화탄소 근로자 체크리스트	564

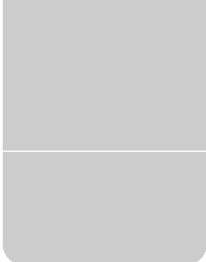
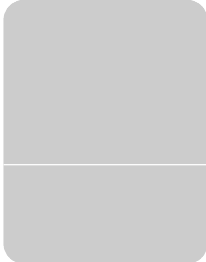


표 목차

표 102. 아크릴로니트릴 근로자 체크리스트	564
표 103. 1,1,2,2-테트라클로로에탄 근로자 체크리스트	565
표 104. 퍼클로로에틸렌 근로자 체크리스트	565
표 105. 디이소시아네이트 근로자 체크리스트	566
표 106. 염소 근로자 체크리스트	567
표 107. 염화수소, 염산 근로자 체크리스트	567
표 108. 트리클로로에틸렌 근로자 체크리스트	568
표 109. 디메틸포름아미드 근로자 체크리스트	569



그림목차

그림 1. 세척제로 사용된 트리클로로메탄에 의한 근로자 급성중독 발생 기사	7
그림 2. 안전보건공단 화학물질정보 ‘메틸브로마이드’ 통합검색 결과	10
그림 3. 안전보건공단 화학물질정보 ‘브롬화메틸’ 통합검색 결과 공단 MSDS 정보	10
그림 4. 안전보건공단 화학물질정보 ‘브롬화메틸’ 통합검색 결과 유해/위험성 정보	10
그림 5. 시행령 제2조 별표1 직업성질병 참고자료 일부	25
그림 6. 염화비닐 화학구조	36
그림 7. 메틸브로마이드 화학구조	37
그림 8. 일산화탄소 화학구조	37
그림 9. 2013년 폴리염화비닐(PVC) 용도별 전 세계 수요	38
그림 10. 플라스틱제품 생산공정 사출성형작업 흐름도	39
그림 11. 유기주석 저장탱크 청소작업 흐름도	41
그림 12. 2021년 국내 검역 용도별 메틸브로마이드 활용량	42
그림 13. 2017~2021년 국내 메틸브로마이드 사용량	42
그림 14. 메틸브로마이드 훈증작업 흐름도	43
그림 15. 겨울철 건설현장 콘크리트 보온양생작업 흐름도	44
그림 16. 염화비닐 위험표지	46
그림 17. 유기주석 중 일부 위험표지	47
그림 18. 메틸브로마이드 위험표지	47
그림 19. 일산화탄소 위험표지	48
그림 20. 염화비닐 화학구조	69
그림 21. 메틸브로마이드 화학구조	70

그림목차

그림 22. 일산화탄소 화학구조	70
그림 23. 2013년 폴리염화비닐(PVC) 용도별 전 세계 수요	71
그림 24. 플라스틱제품 생산공정 사출성형작업 흐름도	72
그림 25. 유기주석 저장탱크 청소작업 흐름도	74
그림 26. 2021년 국내 검역 용도별 메틸브로마이드 활용량	75
그림 27. 2017~2021년 국내 메틸브로마이드 사용량	75
그림 28. 메틸브로마이드 훈증작업 흐름도	76
그림 29. 겨울철 건설현장 콘크리트 보온양생작업 흐름도	77
그림 30. 염화비닐 위험표지	79
그림 31. 유기주석 중 일부 위험표지	80
그림 32. 메틸브로마이드 위험표지	80
그림 33. 일산화탄소 위험표지	81
그림 34. 납 제련작업 흐름도	100
그림 35. 폐 납 축전지 재활용 작업 흐름도	101
그림 36. 납 및 그 화합물 위험표지	103
그림 37. 납 제련작업 흐름도	113
그림 38. 폐 납 축전지 재활용 작업 흐름도	114
그림 39. 납이나 그 화합물 위험표지	116
그림 40. 폐형광등 철거작업 환경	125
그림 41. 수은이나 그 화합물 위험표지	127
그림 42. 수은키트를 이용한 쏟아진 수은 제거 절차	134

그림 43. 폐형광등 철거작업 환경	140
그림 44. 수은이나 그 화합물 위험표지	142
그림 45. 수카카은키트를 이용한 쏟아진 수은 제거 절차	147
그림 46. 스프레이를 이용한 크롬 표면도금작업 흐름도	155
그림 47. 크롬이나 그 화합물 위험표지	157
그림 48. 스프레이를 이용한 크롬 표면도금작업 흐름도	170
그림 49. 크롬이나 그 화합물 위험표지	172
그림 50. 벤젠 화학구조	181
그림 51. 벤젠 위험표지	182
그림 52. 벤젠 화학구조	193
그림 53. 벤젠 위험표지	194
그림 54. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 화학구조 ..	208
그림 55. 조선소 선박도장작업 흐름도	209
그림 56. 에폭시 바닥도장작업 흐름도	210
그림 57. 인쇄출판업 옴셋인쇄작업 흐름도	211
그림 58. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 위험표지 ..	213
그림 59. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 화학구조 ..	225
그림 60. 조선소 선박도장작업 흐름도	226
그림 61. 에폭시 바닥도장작업 흐름도	227
그림 62. 인쇄출판업 옴셋인쇄작업 흐름도	228
그림 63. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 위험표지 ..	230

그림목차

그림 64. 이산화질소 화학구조	239
그림 65. 산소/LPG 토치작업 흐름도	240
그림 66. 이산화질소 위험표지	241
그림 67. 이산화질소 화학구조	251
그림 68. 산소/LPG 토치작업 흐름도	252
그림 69. 이산화질소 위험표지	253
그림 70. 황화수소 화학구조	262
그림 71. 황화수소 위험표지	263
그림 72. 송풍기 예시	266
그림 73. 올바른 환기구 설치 예시	266
그림 74. 황화수소 화학구조	273
그림 75. 황화수소 위험표지	275
그림 76. 시안화수소 화학구조	283
그림 77. 공업용 원료로 시안화나트륨을 옮겨 담는 수조	284
그림 78. 시안화수소 위험표지	285
그림 79. 시안화수소 화학구조	296
그림 80. 공업용 원료로 시안화나트륨을 옮겨 담는 수조	297
그림 81. 시안화수소 위험표지	298
그림 82. 불화수소 화학구조	308
그림 83. 불화수소/불산 제조 및 저장 공정 누출 상황 예시	309
그림 84. 불산에 의한 화상	309

그림 85. 불화수소, 불산 위험표지	310
그림 86. Zephiran 용액 예시	313
그림 87. 불화수소 화학구조	321
그림 88. 불화수소/불산 제조 및 저장 공정 누출 상황 예시	322
그림 89. 불산에 의한 화상	322
그림 90. 불화수소, 불산 위험표지	323
그림 91. 끝부분에 적린이 발라져 있는 성냥	332
그림 92. 인이 포함된 다양한 유기인계 살충제	332
그림 93. 국내 A 사업장 산업용 화학 생산 공장 모습	332
그림 94. 인 위험표지	333
그림 95. 끝부분에 적린이 발라져 있는 성냥	344
그림 96. 인이 포함된 다양한 유기인계 살충제	344
그림 97. 국내 A 사업장 산업용 화학 생산 공장 모습	344
그림 98. 인 위험표지	345
그림 99. 카드뮴에 의한 이타이이타이병에 걸린 사람들	354
그림 100. 카드뮴 도금 결과	355
그림 101. 카드뮴 습식도금 사업장	355
그림 102. 카드뮴 위험표지	356
그림 103. 카드뮴에 의한 이타이이타이병에 걸린 사람들	367
그림 104. 카드뮴 도금 결과	368
그림 105. 카드뮴 습식도금 사업장	368

그림목차

그림 106. 카드뮴 위험표지	369
그림 107. 트리클로로메탄 화학구조	380
그림 108. 사염화탄소 화학구조	380
그림 109. 아크릴로니트릴 화학구조	381
그림 110. 1,1,2,2-테트라클로로에탄 화학구조	381
그림 111. 퍼클로로에틸렌 화학구조	382
그림 112. 트리클로로메탄 위험표지	384
그림 113. 사염화탄소 위험표지	385
그림 114. 사염화탄소 노출로 발생한 황달	385
그림 115. 아크릴로니트릴 위험표지	386
그림 116. 1,1,2,2-테트로클로로에탄 위험표지	387
그림 117. 퍼클로로에틸렌 위험표지	388
그림 118. 트리클로로메탄 화학구조	404
그림 119. 사염화탄소 화학구조	404
그림 120. 아크릴로니트릴 화학구조	405
그림 121. 1,1,2,2-테트라클로로에탄 화학구조	405
그림 122. 퍼클로로에틸렌 화학구조	406
그림 123. 트리클로로메탄 위험표지	408
그림 124. 사염화탄소 위험표지	409
그림 125. 사염화탄소 노출로 발생한 황달	409
그림 126. 아크릴로니트릴 위험표지	410

그림 127. 1,1,2,2-테트로클로로에탄 위험표지	411
그림 128. 퍼클로로에틸렌 위험표지	412
그림 129. 디이소시아네이트 중 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 화학구조	428
그림 130. 염소 화학구조	429
그림 131. 염화수소, 염산 화학구조	429
그림 132. 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 위험표지	431
그림 133. 염소 위험표지	432
그림 134. 염화수소, 염산 위험표지	432
그림 135. 디이소시아네이트 중 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 화학구조	445
그림 136. 염소 화학구조	446
그림 137. 염화수소, 염산 화학구조	446
그림 138. 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 위험표지	448
그림 139. 염소 위험표지	449
그림 140. 염화수소, 염산 위험표지	449
그림 141. 트리클로로에틸렌 화학구조	461
그림 142. 트리클로로에틸렌이 담긴 세척조에서 금속부품을 담궜다 빼는 작업을 반복하는 세척작업	463
그림 143. 트리클로로에틸렌 위험표지	465
그림 144. 트리클로로에틸렌 화학구조	476
그림 145. 트리클로로에틸렌이 담긴 세척조에서 금속부품을 담궜다 빼는 작업을 반복하는 세척작업	478

그림목차

그림 146. 트리클로로에틸렌 위험표지	480
그림 147. 트리클로로에틸렌 화학구조	490
그림 148. 디메틸포름아미드 화학구조	490
그림 149. 트리클로로에틸렌이 담긴 세척조에서 금속부품을 담궜다 빼는 작업을 반복하는 세척작업	493
그림 150. 트리클로로에틸렌 위험표지	494
그림 151. 디메틸포름아미드 위험표지	495
그림 152. 트리클로로에틸렌 화학구조	508
그림 153. 디메틸포름아미드 화학구조	508
그림 154. 트리클로로에틸렌이 담긴 세척조에서 금속부품을 담궜다 빼는 작업을 반복하는 세척작업	511
그림 155. 트리클로로에틸렌 위험표지	512
그림 156. 디메틸포름아미드 위험표지	513
그림 157. 염화비닐 OPS	570
그림 158. 유기주석 OPS	571
그림 159. 일산화탄소 OPS	572
그림 160. 메틸브로마이드 OPS	573
그림 161. 납이나 그 화합물 OPS	574
그림 162. 수은이나 그 화합물 OPS	575
그림 163. 크롬이나 그 화합물 OPS	576
그림 164. 벤젠 OPS	577

그림 165. 유기용제(톨루엔,크실렌,스티렌,시클로헥산,노말헥산,트리클로로에틸렌) OPS	578
그림 166. 이산화질소 OPS	579
그림 167. 황화수소 OPS	580
그림 168. 시안화수소 OPS	581
그림 169. 불화수소, 불산 OPS	582
그림 170. 인 OPS	583
그림 171. 카드뮴 OPS	584
그림 172. 트리클로로메탄 OPS	585
그림 173. 사염화탄소 OPS	586
그림 174. 아크릴로니트릴 OPS	587
그림 175. 1,1,2,2-테트라클로로에탄 OPS	588
그림 176. 퍼클로로에틸렌 OPS	589
그림 177. 디이소시아네이트 OPS	590
그림 178. 염소 OPS	591
그림 179. 염화수소, 염산 OPS	592
그림 180. 트리클로로에틸렌 OPS	593
그림 181. 디메틸포름아미드 OPS	594

I. 서론

.....

I. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

○ 안전보건조치 의무를 위반하여 발생하는 인명피해를 예방하기 위해 「중대재해 처벌 등에 관한 법률」(이하 중대재해처벌법)이 2021년 1월 8일 국회 본회의를 통과하여 같은 달 26일 제정되었다.

중대재해처벌법의 목적은 제1조에 따라 안전보건관리체계 구축·이행 등 안전보건 확보의무를 위반하여 인명피해를 발생하게 한 경영책임자 등을 처벌함으로써 중대재해를 예방하고 시민과 종사자의 생명과 신체를 보호하기 위함이며, 기업이 획기적으로 안전보건관리체계 구축을 통해 안전조치 및 보건조치를 강화하여 종사자의 중대산업재해를 예방하도록 하기 위함이다.

○ 중대산업재해는 중대재해처벌법 제2조제2항에 따라 사망자가 1명 이상 발생, 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생 및 동일한 유해요인으로 급성중독 등 대통령령으로 정하는 직업성 질병자가 1년 이내에 3명 이상 발생한 경우이며(표 1), 이때 다목에 언급된 대통령령으로 정하는 직업성 질병자는 같은 법 시행령 제2조에 따라 [별표 1]에서 정하는 직업성 질병에 걸린 사람으로(표 2) [별표 1]을 통해 총 24종의 직업성 질병으로 정의되고 있다(표 3).

표 1. 중대재해처벌법 제2조(정의)

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “중대재해”란 “중대산업재해”와 “중대시민재해”를 말한다.
2. “중대산업재해”란 「산업안전보건법」 제2조제1호에 따른 산업재해 중 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 결과를 야기한 재해를 말한다.
 - 가. 사망자가 1명 이상 발생
 - 나. 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생
 - 다. 동일한 유해요인으로 급성중독 등 대통령령으로 정하는 직업성 질병자가 1년 이내에 3명 이상 발생

표 2. 중대재해처벌법 시행령 제2조(직업성 질병자)

제2조(직업성 질병자) 「중대재해 처벌 등에 관한 법률」(이하 “법”이라 한다) 제2조제2호다목에서 “대통령령으로 정하는 직업성 질병자”란 별표 1에서 정하는 직업성 질병에 걸린 사람을 말한다.

표 3. 중대재해처벌법 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), 복부산통(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 의식장해, 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(白磷), 황린(黃磷) 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, 악성 종양 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 후천성면역결핍증의 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)
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 심부체온상승을 동반하는 열사

○ 고용노동부에서 공표한 중대재해처벌법 해설서에 따르면, 다수의 종사자에게 발생한 급성중독 등 직업성 질병의 발생 원인이 동일하다고 객관적으로 증명되는 경우라면 각 종사자 간에 유해요인 노출 시기나 장소가 다르고

직업성 질병의 발병 시기가 상이하더라도 동일한 유해요인으로 판단될 수 있다.

이때 “직업성 질병”이란 작업환경 및 일과 관련한 활동에 기인한 건강장해를 의미하며, 작업환경 및 일과 관련한 활동이 유일한 발병 원인이거나 그 원인이 되었을 것이 유력한 질병으로 중금속·유기용제 중독, 생물체에 의한 감염질환 또는 기온·기압 등에 기인한 질병 등이다. 광의로는 직업적 요인이 개인적 소인(素因)에 부가되어 발생하는 작업관련성 질병이 포함될 수 있고 이 또한 예방을 위해 최대한 유해요인을 억제하기 위한 노력은 필요하나, 인과관계 및 예방가능성 등을 종합적으로 고려할 때 동일한 유해요인으로 급성중독 등 대통령령으로 정하는 직업성 질병에 포함하기 어렵다.

○ 중대재해처벌법에서는 급성중독을 예로 들며, 대통령령으로 위임한 입법취지 등을 고려하여 직업성 질병의 범위를 동일한 유해요인으로 급성중독 등 대통령령으로 정하는 직업성 질병자로 인과관계의 명확성, 사업주의 예방가능성 및 피해의 심각성을 주된 고려 요소로 삼았다.

○ 2022년 1월 27일에 중대재해처벌법이 시행되었음에도 불구하고, 같은 법 시행령 [별표 1]에서 규정한 급성중독에 해당되는 사고와 이에 따른 직업성 질환자는 꾸준히 발생하고 있다.

2022년 2월 16일 경남 창원 에어컨 부속 자재업체 OO산업에서 트리클로로메탄 성분의 세척제를 취급한 근로자 16명이 급성 간 중독 판정을 받았고, 연이어 같은 달 21일 이들이 쓰던 것과 동일한 세척액을 사용한 경남 김해의 자동차 부품 제조사 OO알앤티 노동자 13명도 급성 간 중독 판정을 받았다. 약 1년이 지난 2023년 3월 21일에도 경기 이천의 한 제조업체 직원 7명이 세척제 내 트리클로로메탄에 의한 독성간염 중독이 확인되었다(그림 1).

그림 1. 세척제로 사용된 트리클로로메탄에 의한 근로자 급성중독 발생 기사



○ 고용노동부에서 공표한 2020 산업재해 현황분석, 2021 산업재해 현황 분석 및 2022년 12월 말 산업재해 현황에 따르면, 최근 3년간 산업재해 발생에 따른 업무상질병 요양자, 장애인 및 사망자 수 또한 꾸준히 증가하고 있으며, 이는 특히 전체 수 대비 업무상질병에 해당하는 수의 증가율이 더 크다.

업무상질병 요양자수는 각각 2021년에 전년 동기 대비 29.47%, 2022년엔 전년 동기 대비 13.6% 증가하였고, 업무상질병 장애인수 또한 2021년에 전년 동기 대비 31.89% 증가하였다. 업무상질병 사망자수 역시 전년 동기 대비 2021년 6.10% 증가, 2022년 7.7% 증가하였다(표 4).

표 4. 최근 3년간(2020~2022년) 산업재해 발생현황

구분	2020년	2021년		2022년	
	총계	총계	증감율	총계	증감율
적용사업장(개소)	2,719,308	2,876,635	5.8	-	-
대상근로자(명)	18,974,513	19,378,565	2.1	20,173,615	4.1

재해자 (명)	전체	108,379	122,713	13.2	130,348	6.2
	업무상질병 요양자	14,816	19,183	29.5	21,785	13.6
재해율(%)		0.57	0.63	10.5	0.65	3.2
신체 장해자 (명)	전체	37,426	41,772	11.6	-	-
	업무상질병 장해자	7,613	10,041	31.9	-	-
사망자 (명)	전체	2,062	2,080	0.9	2,223	6.9
	업무상질병 사망자	1,180	1,252	6.1	1,349	7.7
경제적손실추정액 (단위:백만원)		29,984,095	32,264,700	7.6	-	-
근로손실일수(일)		55,343,490	60,492,479	9.3	-	-

○ 최근 3년간 산업재해 발생현황을 질병 종류별로 비교했을 때, ‘유기화합물 중독’에 의한 업무상질병 요양자 수는 2020년부터 2022년까지 3년간 꾸준히 증가하고 있으며 전년 대비 2021년에는 100.0% 증가했고 2022년에는 96.7%의 증감율을 보였다. ‘금속 및 중금속 중독’ 또한 전년 16건에 비해 2021년에 32건으로 2배 증가하였고, 2022년에는 재해자 및 사망자가 총 질병종류 중에 가장 많이 증가했다(표 5).

위와 같은 최근 3년간의 추세를 비추어봤을 때, 향후 유기화합물 중독, 금속 및 중금속 중독 재해 수는 지속적으로 증가할 가능성이 있다고 유추할 수 있다.

표 5. 최근 3년간(2020~2022년) 질병종류별 산업재해 발생현황

구분		2020년	2021년		2022년	
		총계	총계	증감율	총계	증감율
금속 및 중금속 중독	재해자	16	16	0.00	32	100.0
	사망자				9	80.0
유기화합물 중독	재해자	15	30	100.00	59	96.7
	사망자				11	-15.4
기타 화학물질 중독	재해자	104	163	56.73	122	-25.2
	사망자				59	18.0

○ 중대재해처벌법 시행령 제4조제3항에 따르면, 사업 또는 사업장의 특성에 따른 유해·위험요인을 확인하여 개선하는 업무절차를 마련하고, 해당 업무절차에 따라 유해·위험요인의 확인 및 개선이 이루어지는지를 반기 1회 이상 점검한 후 필요한 조치를 하여 직업성 질병 예방이 이루어지도록 안전보건 관리체계의 구축 및 이행 조치를 취하고 있다.

○ 그러나 현재 중대재해처벌법에서 규정한 직업성 질병에 대한 관련 정보는 미흡하거나 여러 곳에 산재되어 있어 근로자가 쉽게 찾고 이해하기 어려울 수 있다. 예를 들어 한국산업안전보건공단 화학물질정보 홈페이지 내 ‘메틸브로마이드’를 통합검색한 결과로 검색된 자료가 없으나 동의어인 ‘브롬화메틸’로 검색하면 해당 자료를 확인할 수 있다(그림 2). MSDS 정보는 간단한 단어로 나열되어 있고(그림 3), 유해/위험성 정보 또한 그것만으로는 근로자가 실제 본인의 작업공정과 관련이 있는지 판단하기 어려울 수 있다(그림 4).

위 내용으로 비추어봤을 때, 일선 현장에서 관리자가 적절한 안전보건체계를 구축하고 조치방안을 마련하거나 근로자 스스로 작업공정 취급물질에 대한 위험성을 인지하고 예방을 습관화하기 위해서는 정보의 접근성, 편리성, 이해도를 높이는 것이 필요할 것으로 사료된다.

○ 국내 고용노동부 고시 노출기준은 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)의 허용한계치(TLV)를 준용하고 있으나, 미국 ACGIH의 TLV가 개정될 경우마다 현실적 한계로 인해 국내 노출기준에 빠르게 반영되고 있지 않은 실정이므로, 국·내외 유해인자별 노출기준을 비교하여 국내 노출기준에 비해 현저히 낮은(강화되어 있는) 기준을 가진 유해인자의 경우 가이드에 추가 제시할 필요가 있다.

○ 중대재해처벌법에서 정한 직업성 질병을 일으키는 각 호에 따라 유해물질의 건강영향 및 급성중독 시 나타나는 증상 등의 위험성 정보, 주요노출(또는 사고)과정, 취급에 따른 법적 규제사항, 국내·외 사고발생사례, 적정 보호구 선정 및 착용 등의 재해예방 조치방안, 위험성 평가표 및 작업 전 체크리스트, One Page Sheet(이하 OPS), 관련 정보 확인이 가능한 경로 안내 등을 포함한 자율안전보건 가이드를 사업장의 관리자 및 근로자가 이해할 수 있는 수준으로 개발하여 보급하는 것이 일선 현장에 중대재해처벌법이 원활하게 안착될 수 있도록 하는 데 있어 도움이 될 것으로 보인다.

2. 연구목표

○ 본 연구는 일선 현장에서 중대재해처벌법과 관련된 직업성 질병을 예방하기 위한 안전보건체계를 구축하고 조치방안을 마련하는 등에 따라 중대재해처벌법이 원활하게 안착될 수 있도록 자율안전보건 가이드를 작성(개발)하여 보급하고자 한다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법

.....

Ⅱ. 연구내용 및 방법

1. 연구내용 및 범위

1) 국내 주요노출(또는 사고)공정 및 업무내용 조사

○ 중대재해처벌법에서 정한 직업성 질병을 일으키는 유해인자와 관련된 국내 주요노출(또는 사고)공정 및 업무내용을 국내·외 사고발생사례 현황 및 해당 유해인자 노출 위험도를 고려하여 조사한다.

○ 주요노출(또는 사고)공정 및 업무내용을 선정함에 있어 국가기관이 공개한 급성중독 사고사례 자료, 언론 보도자료, 관련 논문 등을 통해 조사된 국내·외 급성중독사고 사례 중 사고의 크기가 크고 발생 빈도가 높을 경우 해당 주요노출(또는 사고)공정 및 업무내용을 포함한다.

2) 국내 관련 법령에 따른 규제 현황 및 국·내외 유해인자별 노출기준 비교 조사

○ 중대재해처벌법과 관련된 산업안전보건법, 화학물질관리법 및 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(이하 화학물질등록평가법), 폐기물관리법 등의 타 법령에서의 규제 현황을 조사한다.

○ 직업성 질병의 제1호에서 16호까지와 관련된 유해인자를 기준으로 아래와 같은 분류로 국내·외 다양한 기준을 비교하고 검토한다(표 6).

표 6. 국내·외 국가 및 기관별 노출기준

분류	국가 및 기관		기준 종류
국내	대한민국 고용노동부 고시		시간가중평균노출기준(TWA), 단시간노출기준(STEL), 최고노출기준(C)
국외	미국	산업안전보건청(OSHA)	허용노출한계(PEL)
		국립산업안전보건연구원 (NIOSH)	권장노출한계(REL)
		산업위생전문가협회의 (ACGIH)	허용한계치(TLV) (시간가중평균노출기준(TWA), 단시간노출기준(STEL), 최고노출기준(C))
		캘리포니아 산업안전보건청 (CAL/OHSA)	시간가중평균노출기준(TWA), 단시간노출기준(STEL), 최고노출기준(C)

○ 급성중독 예방을 위한 관리기준으로 아래와 같은 국외 기준을 분류하여 추가 검토 및 제시한다(표 7).¹⁾

표 7. 국내·외 국가 및 기관별 급성노출에 따른 노출기준

국가 및 기관		기준 종류
미국	산업위생학회(AIHA)	비상대응계획수립지침(ERPG)
	환경보호청(EPA)	급성폭로기준레벨(AEGL)
	에너지부(DOE)	단시간비상폭로한계(TEEL)
	국립산업안전보건연구원(NIOSH)	즉시건강위험농도(IDLH)
유럽연합	유럽화학물질 생태독성 및 독성센터(ECETOC)	비상사태대응지수(EEL)
영국	보건안전청(HSE)	위험독성부하(DTL)

1) <https://ulsansafety.tistory.com/2264>

3) 유해인자별 주요 급성독성 및 건강영향 고찰

○ 직업성 질병의 제1호에서 16호까지와 관련된 유해인자별 단기노출에 따른 주요 인체 내 작용기전, 나타나는 증상 및 표적장기독성 등의 급성독성 및 건강영향을 고찰한다.

○ 만성독성이라도 증대할 경우 포함하며, 급성독성, 피부 부식성 및 자극성, 심한 눈 손상성 및 자극성, 호흡기 또는 피부 과민성, 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성, 1회 노출 및 반복 노출에 의한 특정표적장기 독성 등으로 구분하여 기술한다.

4) 국내·외 유해인자별 급성중독사고 사례조사

○ 국내 사고사례는 가능한 모든 사례를 확인하여 제시하고, 국외 사고사례는 국내 사업장을 고려했을 때 적용 가능하다고 판단되는 주요 사례를 조사하여 제시한다.

○ 자료의 수집은 한국산업안전보건공단, 미국산업안전보건청 등의 사고사례 자료, 언론 보도자료, 관련 논문 등을 검색하여 수집한다. 이중 논문의 경우 증례보고 형식을 중심으로 하되 체계적 고찰논문을 포함한 범위로 한다. 체계적 고찰논문 수집 시에는 PRISMA 지침에 의거하여 PubMed, EMBASE, Web of Science 등의 데이터베이스를 바탕으로 하며 Acute Toxicity, Hazardous substances, Acute occupational intoxications, occupational, workplace 및 직업성 질병의 유해인자명인 methylbromide 등을 키워드로 or 또는 and 등의 확장자를 이용한다.

○ 현재 사고사례에 대한 증대재해처벌법의 적용여부나 직업성 질병 인정여부는 별도로 구분하지 않고, 사고발생의 위험성이 충분한 경우 모두 기재한다.

5) 유형별 작업환경 및 근로자 건강 관리대책 조사 및 제시

○ 각 유형별 작업환경과 각 환경에 따른 근로자건강 관리대책을 조사하고 제시한다.

6) 제13호 유해인자 범위 선정

○ 제13호에 해당하는 유해인자는 「산업안전보건법」 제125조제1항에 따른 작업환경측정 대상 유해인자 중 화학적 인자 및 「산업안전보건법」 제13조제1항제1호에 따른 특수건강진단 대상 유해인자 중 화학적 인자로 그 범위가 광범위하므로 본 연구는 사회적 관심도 및 시급성을 고려하여 위탁기관인 한국 산업안전보건공단 산업안전보건연구원과 합의된 아래를 대상으로 한다.

① 최근 세척제로 사용되었다가 다수의 급성 간 중독사고가 발생되어 중대 재해처벌법에 따른 첫 번째 직업성 질병 유해인자가 된 트리클로로메탄(클로로포름)

② 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 안전보건규칙) 제449조제6항제2호에 따라 근로자가 취급하는 경우 작업을 시작하기 전에 해당 물질이 급성 독성을 일으키는 물질임을 근로자에게 알려야 하는 [별표 12] ‘관리대상 유해인자 종류’의 제59호 사염화탄소, 제71호 아크릴로니트릴, 제101호 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 제111호 퍼클로로에틸렌

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1] ‘직업성 질병’의 제5호 및 16호와 중복되는 안전보건규칙 [별표 12] ‘관리대상 유해인자 종류’의 제46호 벤젠, 제13호 디메틸포름아미드는 제13호 유해인자에서 제외한다.

7) 자율안전보건 가이드 작성

○ 자율안전보건 가이드는 작성에 있어 범위는 중대재해처벌법 시행령 [별

표 1] ‘직업성 질병’의 제1호에서 제16호까지로 하며, 구분은 각 호별로 한다.

○ 내용은 유해인자 급성노출 시 근로자에게 나타나는 건강영향 및 증상 등의 위험성, 주요노출(또는 사고)공정 및 업무내용, 취급에 따른 법적 규제사항, 국내·외 사고발생사례, 적정 보호구 선정 및 착용 등의 재해예방 조치방안, 위험성 평가표 및 작업 전 체크리스트, OPS, 관련 정보 확인이 가능한 경로 안내 등을 포함한다.

○ 내용의 수준은 가이드 작성 목적과 대상을 고려하여 사업장의 관리자 및 근로자가 이해할 수 있도록 한다.

2. 연구방법

1) 국내·외 정부기관 및 언론 보도자료, 논문, 법령, 기존 유사 가이드 등을 통해 아래 내용을 조사, 비교 및 분석한다.

- 국내 주요노출(또는 사고)공정 및 업무내용
- 국내 관련 법령에 따른 규제 현황 및 국·내외 유해인자별 노출기준
- 유해인자별 주요 급성독성 및 건강영향
- 국내·외 유해인자별 급성중독사고 사례조사
- 유형별 작업환경 및 근로자건강 관리대책

2) 조사, 비교 및 분석된 위 내용을 종합한 [별표 1] ‘직업성 질병’ 각 호별 자율안전보건 가이드를 작성한다.

3) 산업안전보건연구원에서 제공한 최근 3개년 작업환경측정결과 및 산업재해통계 자료를 분석하여 각 유해물질별 노출공정 및 사고 사례를 확인·제시한다.

4) 각 관련 분야에 경험이 풍부한 전문가 및 연구진으로 자문단을 구성하여, 주기적인 자문을 통해 질적 의견을 도출하고 이를 반영한다.

- 1차 자문회의
 - 노사 관계자를 중심으로 자율안전보건 가이드의 내용 적절성과 전달성에 대한 의견을 수렴하고 이를 반영함
- 2차 자문회의
 - 언론, 홍보 전문가를 중심으로 자율안전보건 가이드 디자인의 적절성과 시의성에 대한 의견을 수렴하고 이를 반영함
- 3차 자문 서면회의
 - 교수, 연구원을 중심으로 자율안전보건 가이드의 내용의 정확도를 평가받고 의견을 수렴하여 반영함
- 4차 자문회의
 - 화학물질 전문가를 중심으로 자율안전보건 가이드의 내용을 구체적으로 확인하고 의견을 수렴하여 반영함
- 5차 자문회의
 - 사업장 관리자 및 근로자를 중심으로 자율안전보건 가이드를 전체적으로 검토 및 심화 의견을 수렴하여 반영함

Ⅲ. 연구결과

.....

III. 연구결과

1. 국내·외 관련 선행 연구

1) 「중대재해 처벌 등에 관한 법률」상 직업성 질병의 범위(산업안전보건연구원, 2021)

○ 해당 연구는 직업환경의학, 법률 분야 전문가로 구성된 연구진이 중대재해처벌법의 문구를 해석하고 해당 법의 취지에 입각하여 주요 쟁점을 정리 및 토론하여, 최종적으로 첫 번째, 시행령은 해당 법에 종속되는 특성이 있지만 문구적 해석에만 머물지 않고 법 제정 취지를 고려해 판단해야 하는지 여부와 두 번째, 중대재해처벌법 제2조 제2호 다목의 규정을 중대성에 한정하여 질병 목록을 모두 포함할지 혹은 기준에 의해 제한할지에 대한 논의 결과를 담고 있다.

○ 시행령(안)은 외국사례 검토, 법률 및 의학적 논의를 통해 총 4가지로 제안되었다. 해당 법 제4조에 의해 사업주 의무 위반과 이로 인한 제2조 제2호에서 규정하는 질병으로 처벌이 가능한지 판단하도록 되어있어 첫 번째, 제2조에서 대상 질병을 특별히 한정할 필요가 없다는 의견과 두 번째, 인과관계 규명이 명확하고, 사업주에 의해 예방이 가능하고, 중한 질병에 한정하여 대상 질병을 정해야 한다는 의견을 핵심 구분 기준으로 하고 있다.

다만 해당 연구에선 법안 해석의 다양성을 고려할 때 한 가지 단일안을 제안하는 것은 적절치 않다고 판단해, 여러 안을 제시하고 그에 따른 근거 및 주요 쟁점을 정리함으로써 의사결정에 기여하고자 하고 있다.

○ 해당 연구에 따르면 중대재해처벌법 제2조 제2호 다목에 직업성 질환

목록에서 ‘급성중독 등’은 ‘급성중독과 유사한 발생 특성을 보이는 질병’이라는 의미와 ‘급성중독을 반드시 목록에 포함’하라는 의미로 해석이 모두 가능하다.

급성중독과 유사한 발생 특성을 정의하는 것은 어렵고 임의적이며 입법 논의 과정에서도 급성중독으로 한정하거나 유사한 특성을 갖는 질환을 논의한 바가 없는 점으로 보아 ‘급성중독 등’은 급성중독을 포함하라는 의미로 해석될 수 있다.

○ 중대재해처벌법의 적용대상 질병의 기준은 ‘발생’을 기반으로 논의되고 있어 예방 노력으로 발생을 줄이는 것이 아닌 요양기간 및 중증도를 줄이고 재발을 방지하는 것이 핵심인 근골격계 질환은 해당 법의 대상 질병이 되기 어렵다고 서술하고 있다.

2) 중대재해처벌법 중대산업재해 해설서(고용노동부, 2021)

○ 해당 해설서는 경영책임자 등과 안전·보건 업무를 담당하는 자가 중대재해처벌법의 중대재해 중 중대산업재해에 관한 내용을 이해하고 안전 및 보건 확보의무를 이행할 수 있도록 도움을 주고자 마련되었다.

○ 일하는 사람의 생명과 건강 보호는 경영책임자의 기본적인 의무라고 하고 있으며 산업재해는 개인의 노력과 의지만으로 예방할 수 없고 ‘사람은 실수하고, 기계는 고장난다’는 사실을 인정하고 안전보건관리시스템을 구축해야 한다고 한다. 또한 중대재해처벌법은 기업이 획기적인 안전보건관리시스템 구축을 통해 안전 및 보건조치를 강화하여 종사자의 ‘중대산업재해를 예방’하도록 하는 것이 궁극적 목적임을 명시한다.

○ 시행령 제2조 [별표 1] ‘직업성 질병’ 참고자료로써 각 호별 해당 유해물

질의 물리·화학적 특성, 발생원 및 노출가능상황, 증상 및 진단, (일부 물질에 대한) 국내 직업병 사례, 예방조치방안, 관련 규정 등을 아래와 같이 수록하고 있다(그림 5).

그림 5. 시행령 제2조 별표1 직업성질병
참고자료 일부

1

염화비닐 · 유기주석 · 메틸브로마이드(bromomethane) · 일산화탄소에 노출되어 발생한 중추신경계장애 등의 급성중독

(1) 염화비닐

* (염화비닐) 분자식은 C_2H_3Cl 이며, 향긋한 냄새가 나는 무색의 가연성 기체

□ 발생원 및 노출가능상황

- 염화비닐의 합성, PVC 수지 제조 및 관련 공정에서 노출이 가능
- 유기약품, 화장품 제조 공정, 냉장과 냉매, 에어로솔 추진제 등으로도 사용 가능

□ 증상 및 진단

- 초기에는 피부, 눈, 상기도에 자극증상을 유발해서 **피부염, 충혈, 콧물, 재채기 등의 증상을 호소**할 수 있음
- 급성중독은 주로 **흡입에 의한 미취 효과 및 호흡기 염증 반응에 의한 것임**
 - 근로자가 느끼는 증상으로는 흡입 후 **두통, 어지럼증, 구역과 구토, 졸림** 등이 생기다가 심한 경우에는 정신혼란이나 의식소실 등이 유발될 수 있음
 - **최소 800ppm에 수 분 ~ 수 시간 동안 노출된 경우** 이러한 증상이 발생 할 수 있으며 노출 후 **최대 24시간 이내에 증상이 발생하는 것이 일반적임**
- 염화비닐에 농동노출 노출된 경우 **미취제와 유사한 작용을 통해 심장 박동의 이상 및 심한 경우 호흡부전**에 이를 수 있음

□ 예방조치

- 노출기준 : 시간가중평균농도 1ppm

【 관련규정 예시 】

※작업환경측정 등 유해인자와 직접 관련된 의무에 대한 산업안전보건법상 주요 규정

- ▲ 보건조치(제39조)
- ▲ 물질안전보건자료의 작성 및 제출(제10조)
- ▲ 물질안전보건자료대상물질 용기 등의 경고표시(제11조)
- ▲ 작업환경측정(제125조)
- ▲ 유해인자 허용기준의 준수(제107조)
- ▲ 물질안전보건자료의 게시 및 교육(제114조)
- ▲ 유해·위험물질의 제조 등 허가(제118조)
- ▲ 특수건강진단 등(제130조) 등

다만 국내 직업병 사례가 일부만 포함되어 있고 일부 내용은 근로자가 쉽게 이해할 수 있는 추가적 설명이 필요할 것으로 보이며, 특히 해당 유해물질이 노출될 수 있는 작업공정 및 업무내용에 대한 기술이 한정되어 있고 비전문가 및 근로자가 쉽게 이해하기 위해서는 사진 등을 포함한 자세한 설명이 보완되어야 할 것으로 사료된다.

3) 관련 논문

○ 논문명: Acute occupational exposures reported to the Dutch Poisons Information Center: a prospective study on the root cause of incidents at the workplace

저널명: Journal of Occupational Medicine and Toxicology

저자 및 게재일: Anja P.G. Wijanads et al., 2022.09.05.

○ 해당 논문은 네덜란드 독극물 정보 센터에 보고된 직업성 급성중독 사례의 특징과 상황을 전화 설문조사를 통하여 수집한 결과로 직업성 급성중독 사고의 근본 원인을 조사하고 이에 따라 예방전략 수립을 위한 근거를 제공한다.

○ 1년간의 직업성 급성중독 사례 중 310건에 대한 재해자를 직접 전화로 설문조사하여 산업별 특성, 고용 유형, 화학물질 특성, 직업적 노출 공정, 노출 상황, 추후 경과 등의 위험요인을 조사하여 빈도를 파악하였다.

○ 대부분 사고는 산업(25%), 건축 및 설치 산업(14%), 농업(10%)에서 발생했으며 여러 노출 경로 중 가장 흔한 경로는 흡입(62%), 안구(40%), 피부접촉(33%)이었다. 산과 알칼리 물질과 주로 연관되어 있었고 주로 청소작업 중 노출이 발생했다. 사고의 주 근본 원인으로 포장 손상(24%), 장비 결함(10%) 등의 기술적 요인, 작업 지침 부족(44%), 의사소통 및 계획 미흡(31%) 등의 조직적 요인, 부정확성, 시간 압박 또는 피로 등의 개인적 상황(50%), 작업 지침 무시(13%), 개인 보호장비 미사용(12%) 등의 개인적 요인이었다.

4) 국·내외 주요 화학물질 및 재해 관리방법 및 시스템

(1) 안전보건공단 화학물질정보검색²⁾

○ 공단 MSDS, 법규 정보, 유해/위험성정보를 제공한다.

(2) 식품의약품안전평가원 독성정보제공시스템(Tox-Info)³⁾

○ 물질 정보, 용도, 독성 정보(인체 영향, 동물 독성시험, 발암성), 독성동태학 정보, 응급치료정보, 참고문헌을 제공한다.

(3) 화학물질안전원 화학물질종합정보시스템⁴⁾

○ 물질 특성 정보(기본, 물리화학적, 물질 제조 방법, 사용 용도, 환경 거동), 사고 위험 정보(사고 위험성, 인체 유해성, 응급 의학, 독성, 사고 및 테러 이력), 안전 특수대응 정보(사고, 화재, 취급주의, 해양대응, 운송, 규제, 노출기준)를 제공한다.

(4) 국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 화학적 위험에 대한 포켓 가이드⁵⁾

○ 근로자, 고용주 및 산업보건전문가를 위한 일반적인 산업위생 정보를 제공하며, 직업 환경에서 발견되는 677가지 화학물질 또는 혼합물질에 대한 주요 정보를 통해 직업상 화학적 위험을 인식하고 관리할 수 있게 도움을 주기 위한 목적이 있다.

○ 화학물질별 화학명, 구조/공식, CAS No., RTECS번호(추가 독성물질

2) <https://msds.kosha.or.kr/MSDSInfo/kcic/msdssearchAll.do>

3) <https://www.nifds.go.kr/toxinfo/Index.do>

4) https://icis.me.go.kr/main.do;jsessionid=2RXoEsx6JCTpdV94wfR719MG.icis_ipotal21

5) <https://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html>

정보 제공을 위해 사용됨), DOT ID 및 가이드번호(미국교통부(DOT) 규제 여부 및 비상상황 안전을 위해 취해야 할 조치 정보 제공), 동의어 및 상품명, 환산계수, 노출한계, 생명과 건강에 즉각적인 위험 농도(IDLH), 화학적 및 물리적 특성, 각 물질에 대한 비호환성 및 반응성, 측정 방법, 개인 보호구 및 위생 권장사항, 응급처치 절차, 허용 호흡보호구 선택 권장 사항, 노출경로/증상/표적기관에 대한 정보를 포함하고 있다.

(5) 미국 산업안전보건청(OHSA) 의 작업장 위험 커뮤니케이션 표준 (Hazard Communication Standard; HCS)⁶⁾

○ 근로자에게 작업과 관련된 잠재적 위험에 대한 알 권리를 제공하기 위해 제정되었으며 근로자와 사업주에게 취급하는 화학물질과 필요한 보호조치에 관한 건강상의 위험에 대한 정보를 전파하기 위한 사전조치이다. 사업주는 위험 정보 전달(HAZCOM) 프로그램을 준비 및 구현하고 모든 용기에 적절한 표기가 있는 지 확인하고, 직원이 MSDS에 쉽게 접근할 수 있도록 하고, 이를 위한 필요한 교육 프로그램을 실시해야 함에 있어 주어진 사업장에 대한 표준 구현 전략을 설명하는 서면 행동 계획이다.

○ 화학물질의 글로벌 분류 및 라벨링 시스템(The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals; GHS)⁷⁾의 7차 개정 내용과 일치하도록 개정되었고 이에 따라 가연성 가스 분류 개정, 인체 위험 등급 정의 명확화, 화학물질 취급 예방조치 문구 수정 등을 포함하고 화학물질 제조자와 수입자를 위한 실질적인 변화가 되었다.

6) <https://www.osha.gov/hazcom>

7) <https://unece.org/ghs-implementation-0>

2. 각 호별 유해인자에 따른 자율안전보건 가이드

직업성 질병 예방을 위한
염화비닐(Vinyl chloride)·유기주석(Organotin)·
메틸브로마이드(Bromomethane)·일산화탄소
(Carbon Monoxide) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

1. 염화비닐 · 유기주석 · 메틸브로마이드(bromomethane) · 일산화탄소에 노출되어
발생한 중추신경계장해 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
 - 3) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구를 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소를 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율 안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소는 제1호 ‘염화비닐·유기주석·메틸브로마이드(bromomethane)·일산화탄소에 노출되어 발생한 중추신경계장해 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
 - 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

1) 염화비닐

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	허가물질	제조하거나 사용하려는 자는 고용노동부 장관의 허가 필요 (허가받은 사항 변경 때도 포함)
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 6개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 1ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 1ppm
	화학물질관리법	유독물질	염화비닐 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
		사고대비물질	염화비닐 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물 규정수량 하위 2톤, 상위 400톤
	폐기물관리법	지정폐기물	폐유독물질(염화비닐 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물)
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 1ppm, C 5ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		발암물질 Ca
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 1ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 1ppm

2) 유기주석

구분	법·규제기관	분류	분류기준
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 0.1mg/m ³
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 2mg/m ³
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 2mg/m ³ , IDLH 100mg/m ³
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 2mg/m ³
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 2mg/m ³

3) 메틸브로마이드

구분	법·규제기관	분류	분류기준
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 1ppm
		허용기준설정물질	노출기준 TWA 1ppm
	화학물질관리법	유독물질	메틸브로마이드 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
		제한물질	메틸브로마이드 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
	폐기물관리법	지정폐기물	폐유독물질
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 C 200ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 IDLH 250

	ACGIH(산업위생전문가협회)	허용한계값 TWA 1ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)	허용노출한계 TWA 1ppm, C 20ppm

4) 일산화탄소

구분	법·규제기관	분류	분류기준
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 30ppm, STEL 200ppm
		허용기준설정물질	노출기준 TWA 30ppm, STEL 200ppm
	화학물질관리법	사고대비물질	일산화탄소 및 이를 25% 이상 함유한 혼합물
		유독물질	일산화탄소 및 이를 25% 이상 함유한 혼합물
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 50ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 35ppm, C 200ppm, IDLH 1200ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 25ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 25ppm, STEL 200ppm

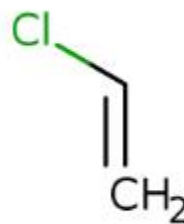
제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

1) 염화비닐(그림 6⁸⁾)

- 염화비닐의 CAS No.⁹⁾은 75-01-4입니다.
- 화학식은 CH_2CHCl 입니다.
- 염화바이닐, 염화비닐 단량체, 비닐클로라이드 모노머, 클로로에틸렌, 클로로에텐 또는 VC라고도 합니다.
- 염화비닐은 상온에서 색이 없고 기체로 존재하며, 열에 약해 타기 쉽고 고온에서 불안정합니다.
- 시간가중평균노출기준(TWA)¹⁰⁾이 1ppm이며 3000ppm 정도의 고농도 일 때 달콤한 냄새가 납니다. 3000ppm 보다 낮은 농도에서는 냄새가 잘 나지 않기 때문에 냄새로 노출여부를 확인하기 어렵습니다.

그림 6. 염화비닐
화학구조



2) 유기주석

- 유기주석 화합물에는 디메틸주석, 디부틸주석, 디에틸주석, 트리부틸주석, 티옥틸주석, 트리페닐주석 등이 있습니다.
- 주석은 부드럽고 휘어지기 쉬운 광택이 있는 은회색 고체 금속으로 토양

8) <https://echa.europa.eu/>

9) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

10) 일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하 수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준을 노출기준이라 하는데, 일하는 사람의 근로시간을 1일 8시간으로 산정한 것임. 근로자가 해당 노출기준보다 높은 농도에 노출되면 건강상 위험함

속에 자연적으로 존재하기도 합니다. 전이 후 금속으로 쉽게 산화되지 않고 부식에 대한 저항성이 있으며, 냄새가 없습니다.

○ 분진 형태로 열에 노출되거나 일부 화학물질과 자발적으로 반응하는 경우 불에 타기 쉽습니다.

3) 메틸브로마이드(그림 7¹¹⁾)

그림 7.
메틸브로마이드
화학구조



- 메틸브로마이드의 CAS No.은 74-83-9입니다.
- 화학식은 CH_3Br 입니다.
- 브로모메탄 또는 브롬화메틸이라고도 합니다.
- 메틸브로마이드는 색이 없고 투명한 액체로 휘발성이 강합니다.
- 쉽게 불이 붙지는 않으나 열에 닿으면 타는 동안 열분해 또는 연소에 의해 자극적이고 매우 유독한 가스가 발생할 수 있습니다.
- 시간가중평균노출기준은 1ppm이며 500ppm 정도의 고농도일 때 케케묵은 과일 냄새가 납니다. 낮은 농도에서는 냄새가 나지 않습니다.

4) 일산화탄소(그림 8¹²⁾)

그림 8.
일산화탄소
화학구조



- 일산화탄소의 CAS No.은 630-08-0입니다.
- 화학식은 CO 입니다.
- 일산화탄소는 실내·외 공기 중에서도 발견되는 색, 냄새, 맛, 자극이 없는 기체입니다.
- 연료나 화학공정의 원료로 사용되며 인체 내로 들어오면 카복시헤모글로빈을 형성하여 저산소증을 유발합니다.

2. 주로 어디에서 사용할까요?

11) <https://echa.europa.eu/>

12) <https://echa.europa.eu/>

1) 염화비닐

○ 염화비닐은 여러 개의 염화비닐을 중합한 폴리염화비닐(PolyVinyl Chloride, PVC)을 원료로 하는 플라스틱 제품 생산 공정에서 주로 사용됩니다. 그중 파이프 등과 같은 플라스틱 배관 생산에 가장 많이 사용됩니다.

○ 이외에도 음료페트병 등의 포장재, 건설 바닥재, 문, 창문, 자동차 등의 좌석, 범퍼, 전자 부품, 계기판 등의 원료가 됩니다.

○ 플라스틱의 접착제에도 성분이 포함되어 있습니다.

○ 국내 폴리염화비닐 연간 생산 가능량은 146만 톤이며, 제조품 중 약 60%가 건축자재용이므로(그림 9¹³⁾), 건축 경기에 따라 수요가 증감하고 있습니다.

그림 9. 2013년 폴리염화비닐(PVC) 용도별 전
세계 수요



○ 플라스틱 가공/성형공장에서 사출¹⁴⁾이나 압출 등의 공정을 통해 제품을 생산하는데 있어 사용되는 폴리염화비닐 수지에서 염화비닐이 사용됩니다.

○ 고온 및 고압 환경의 사출성형공정에서 염화비닐이 분해되어 공기 중에 유독가스인 염화수소를 발생시키기도 하고, 공정상 분말 또는 알갱이 형태의 플라스틱을 사용하여 가공과정에서 분진의 형태로 염화비닐이 노출되기도 합

13) 한국바이닐환경협회 홈페이지, PVC산업 역사/현황

14) 플라스틱을 금형에 고압으로 밀어 넣어 원하는 모양으로 만드는 방식

니다(그림 10¹⁵⁾).

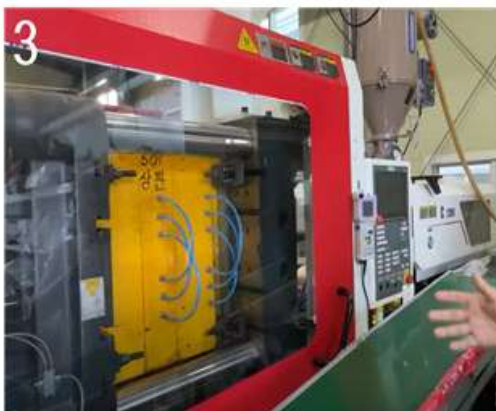
그림 10. 플라스틱제품 생산공정 사출성형작업 흐름도



원료(플라스틱 조각)를 흡입하는
자동적재기(오토 로더)를 통해
저장조(호퍼)로 원료 이송



원료가 스크류 회전에 의해
스크류로 내려와 200도 이상인 고온
가열기관(히팅실린더)에서 녹음



녹은 원료는 러너를 통해 압력을 이용하여
금형으로 주입



금형 내에서 제품이 굳고
로봇(혹은 사람)이 제품 꺼냄

15) 대붕이엔지 유튜브, 플라스틱 사출성형(Injection Molding)

2) 유기주석

○ 주석이 탄소와 결합하면 유기주석 화합물이 되는데, 이는 생물부착 방지 효과가 높아 선박이나 양식어구 등의 방오제로 광범위하게 사용되고 있습니다.

○ 청소 세정제, 폴리염화비닐(PVC) 안정제, 플라스틱 첨가제, 살충제, 목재보존재에도 유기주석이 포함되어 있습니다.

○ 유기주석 화합물의 국내 유통량은 아래와 같습니다(표 8¹⁶⁾).

표 8. 유기주석 화합물 국내 유통량

화학물질명	유통량(톤)
fentin fluoride	0.3
fentin hydroxide	1
Tributyltin fluoride	13
Octyl acrylate-Methyl methacrylate-Tributyltin methacrylate copolymer	32
2-propenoic acid, polymer with 2-ethylhexyl 2-propenoate and tributyl[(2-methyl-1-oxo-2-propenyl)oxy]stannane	43
2-propenoic acid, polymer with tributyl[(2-methyl-1-oxo-2-propenyl)oxy]stannane	59
Bis(tributyltin)Oxide	160
Tributyl(methacryloyloxy) stannane	533

○ PVC 안정제 원료를 제조 및 합성하는 화학공장에서 PVC 안정제 원료로 유기주석 화합물이 사용됩니다.

16) 1998년 환경부 조사자료

○ 유기주석을 다루는 화학공장 저장탱크에 직접 들어가 청소하는 과정(그림 11¹⁷⁾)에서, 밀폐된 탱크 내에 부산물로 발생한 고농도의 유기주석 증기를 코로 들이마셔 중독되는 경우가 있습니다.

그림 11. 유기주석 저장탱크 청소작업 흐름도



작은 원형 탱크 입구를 통해 안으로 진입함



송기마스크와 내화학복을 착용하고 탱크 안으로 슬러지 준설 작업을 함



이어 호스를 이용한 고압 세척 작업을 함



비계를 설치하여 비파괴검사를 실시한 후 철거하여 마무리 함

17) raonclean 라온클린, 네이버 블로그, 유기용제 탱크 제품 저장조 서스 탱크 내부 슬러지 제거 청소 작업

3) 메틸브로마이드

○ 고독성 농약으로 알려진 메틸브로마이드는 국내에서 검역훈증제¹⁸⁾로 가장 많이 사용되고 있습니다.

○ 최근 5년간 국내에서 사용된 메틸브로마이드는 연평균 400톤 이상으로 현재까지도 꾸준히 사용되고 있습니다. 그중 70~80%는 수입목재류 훈증작업에 사용됩니다(그림 12¹⁹⁾, 13²⁰⁾).

그림 12. 2021년 국내 검역 용도별 메틸브로마이드 활용량

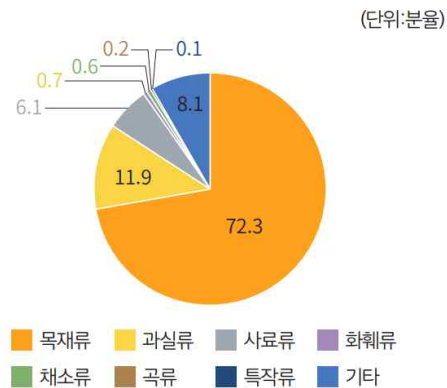
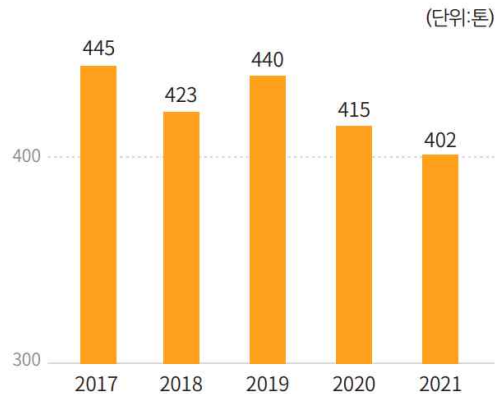


그림 13. 2017~2021년 국내 메틸브로마이드 사용량



○ 메틸브로마이드는 수입 원목, 과일, 곡류, 수출포장재 등의 수입유통업에서 병해충을 제거하기 위한 살균가스로 사용됩니다.

넓은 공터나 넓은 실내에서 해당 수입물품을 쌓아두고 이를 천막으로 덮어 진행하는 천막훈증작업(그림 14²¹⁾), 해당 수입물품이 담긴 컨테이너 안을 훈증하는 컨테이너훈증작업 등이 있습니다.

18) 일정 온도와 압력 하에서 해충을 사멸시키기 위해 가스 상태로 개발된 약제

19) 출처: 농림축산검역본부

20) 출처: 농림축산검역본부

21) 대한 TEC(주), 현장 사진

그림 14. 메틸브로마이드 훈증작업 흐름도



수입원목 위에 3~4장의 천막을 펼침



천막 이음새를 테이프로 붙이고, 바닥은 모래주머니, 흙으로 눌러 완전 밀폐시킴



액체 메틸브로마이드가 담긴 용기에 호스를 연결하여 천막 안으로 주입함



16~24시간이 지나면 테이프를 제거하고 천막을 걷어 환기함

4) 일산화탄소

○ 일산화탄소를 이용하여 무수아세트산, 폴리카보네이트, 아세트산, 폴리케톤 등의 화합물을 제조합니다.

○ 등유 및 가스히터, 난로, 발전기 및 기타 휘발유 동력 장비를 사용하는 경우 불완전연소로 일산화탄소가 발생할 수 있습니다. 특히 겨울철 건설현장 콘크리트 보온양생작업(그림 15²²⁾) 및 상수도 맨홀 내부 작업과 같이 밀폐된 작업장의 경우 다량의 일산화탄소가 있을 수 있습니다.

○ 담배 연기도 실내 공기 중 일산화탄소 농도를 증가시킵니다.

그림 15. 겨울철 건설현장 콘크리트 보온양생작업 흐름도



콘크리트 건물 내부에 들어가 갈탄난로에
불을 붙임



환기 및 일산화탄소 농도 측정 후 내부로
진입하여 갈탄난로를 제거함

22) 안전보건공단안전젤이, 유튜브, 건설현장 콘크리트 양생 중 질식사고

3. 왜 위험한가요?

1) 염화비닐(그림 16)

○ 세계보건기구 국제암연구소(WHO IARC)²³⁾에서는 염화비닐에 노출될 경우 사람에게 간혈관육종²⁴⁾ 및 간세포암²⁵⁾이 발생이 발생할 수 있는 충분한 근거가 있다고 평가하여 이를 인체발암물질 Group 1으로 구분하고 있습니다. 또한 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)에서는 염화비닐에 노출된 사람의 경우 간암(특히, 간혈관육종)이 증가한 연구 결과가 있습니다.

○ 특히 염화비닐은 태반을 통과할 수 있으므로, 산모인 근로자에게 노출될 경우 태아에게 영향을 줄 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 염화비닐을 코로 들이마시거나 입으로 삼키는 경우, 중추신경 억제작용이 나타나 두통, 어지럼증, 구역, 구토, 운동 실조²⁶⁾가 발생할 수 있고 심근 감각이 나타나 심실 세동, 방실 차단 등의 부정맥²⁷⁾이 나타날 수 있습니다. 피부에 닿을 경우 국소 동상 및 통증, 피부 두꺼워짐과 탄력 감소 등이 나타날 수 있습니다.

○ 염화비닐 액체는 고압 상태가 아닐 경우 빠르게 증발되므로 호흡기 흡입에 의한 중독 가능성이 높습니다.

○ 염화비닐은 열에 노출되면 폭발할 수 있어 주의해야 합니다.

23) 국제연합(UN) 세계보건기구 산하기관으로, 암의 원인에 대해 연구를 지휘하고 조정하는 역할을 함

24) 간 내 혈관이 기형적 변화를 일으켜 스펀지의 단면과 같은 모습을 보이는 덩어리를 형성한 질환

25) 간암 중 일차성 간암으로 그중 간세포에서 유래하는 암으로, 이를 주로 간암이라고 함

26) 사람이 신체를 움직일 때는 여러 근육들이 서로 조화가 이루어져야 움직임이 가능하지만 이런 근육들의 상호작용이 깨져서 섬세한 움직임이나 일정한 운동을 할 수 없게 되는 것

27) 심장이 정상적으로 뛰지 않는 것

그림 16. 염화비닐 위험표지



2) 유기주석(그림 17)

○ 유기주석은 간 독성이 있어, 간 조직의 지방 변성²⁸⁾과 괴사를 유발할 수 있습니다.

○ 유기주석은 신경계에 영향을 미쳐 신경행동변화를 유발합니다. 두통, 기억소실, 지남력 상실²⁹⁾, 실신, 성격변화, 이명³⁰⁾ 등이 발생할 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 유기주석을 코로 들이마신 경우, 호흡기 점막에 염증을 유발하고 폐 조직의 울혈³¹⁾과 부종 및 기관지염이 발생합니다. 가슴이 답답함, 호흡곤란(숨을 쉬는데 불편함), 호흡 시 쉼쉼거리는 소리가 남, 흉통(가슴통증), 콧물, 인후(목구멍)통, 비(코)점막 작열감³²⁾이 나타납니다.

○ 입으로 삼킬 경우, 소화기계에 영향을 미쳐 복통(배 아픔), 오심(메스꺼움), 구토가 발생할 수 있습니다.

○ 유기주석은 열에 노출되거나 일부 화학물질과 자발적으로 반응하게 되면 화재가 발생할 수 있어 주의해야 합니다.

28) 세포 내에 지방이 병적으로 축적되고 침착하는 것

29) 현재 자신이 놓여있는 상황을 올바르게 인식하지 못함. 즉, 의식, 사고력, 판단력, 기억력, 주의력 등에 문제가 생겨 내가 누군지, 여기가 어딘지, 지금 몇 시인지 알지 못함

30) 귀울림이라고도 하며, 외부에서의 소리 자극 없이 귓속 또는 머릿속에서 소리가 들린다고 느끼는 상태

31) 폐 조직에 피가 모여 고인 상태. 호흡이 곤란해지고 기침이 심하여 작은 핏덩이가 섞인 짙은 가래가 나옴

32) 타는 듯한 느낌의 통증 혹은 화끈거림

그림 17. 유기주석 중 일부 위험표지



3) 메틸브로마이드(그림 18)

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 메틸브로마이드를 코로 들이마시면 신경학적 장애를 일으켜 독성 뇌병증³³⁾이 발생할 수 있고 심하면 사망할 수 있습니다. 또한 폐에 물이 차는 폐부종³⁴⁾이 나타날 수 있습니다. 또한 눈에 닿으면 결막염을 일으킬 수 있고, 피부에 닿으면 표재성 화상³⁵⁾을 입을 수 있습니다. 옷을 입고 있어도 옷을 통과하여 피부에 닿습니다.

○ 가열시 폭발할 수 있습니다.

그림 18. 메틸브로마이드 위험표지



33) 어지러움, 두통, 구토, 시야가 흐릿해짐, 손 떨림, 손과 발이 저림, 경련 등의 증상이 나타남

34) 폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨 쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴

35) 표피가 괴사하고 상부 진피까지만 손상된 2도 화상으로 피부가 붉게 부어오르고 물집이 생기며 통증이 있음

4) 일산화탄소(그림 19)

○ 일반적으로 일산화탄소를 코로 들이마심으로써 중독됩니다. 모든 사람이 숨을 쉬면서 공기 내에 있는 일산화탄소에 노출되지만, 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 일산화탄소를 들이마시면 사망할 수 있습니다.

○ 일산화탄소가 체내로 흡입될 경우, 다양한 조직에 산소가 공급되는 것을 막고 세포 호흡을 저해하므로 산소 이용량이 많은 중추신경계에 영향을 미칩니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 일산화탄소를 코로 들이마시면 가장 먼저 심장에 작용하여 가슴 통증, 두근거림, 실신, 의식 소실 등이 나타날 수 있고 다음으로 중추신경계에 작용하여 두통, 어지러움, 판단 장애, 시각 장애, 오심 등이 발생할 수 있습니다. 또한 신경학적으로 시력 상실, 인지기능 저하, 실어증 등이 발생할 수 있습니다.

○ 가열시 폭발할 수 있습니다.

그림 19. 일산화탄소 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

1) 염화비닐

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	염화비닐을 취급하는 화학공장에서 작업 중 염화비닐 가스 누출로 근로자에게 단기간 고농도로 노출되어 급성중독 증세가 발생함	부상 1명
2	국외	염화비닐 제조공정 중 VCM 제2생산공장 공정배관의 비상방출 밸브가 고장나 비상절차서에 따라 공정을 정지한 이후 이송 작업을 실시하던 중 염산완충탱크로부터 염산(HCl), 염화비닐 단량체(VCM) 등의 가스가 유출되었고, 가스 유출 10여분 후에 염산제거탑의 환류탱크 근처에서 폭발로 인한 화재가 발생하여 작업자 1명 사망함	사망 1명
3	국외	미국 일리노이주 일리오폴리스시에 위치한 플라스틱 제조공장 내 PVC1 반응기에서 폴리염화비닐(PVC)을 생산되던 중 큰 굉음과 함께 일부 작업자들이 염화비닐단량체(VCM) 냄새를 맡음 두 구역의 VCM 감지기에서 측정한도치를 초과한 수준임을 확인하였고 이후 연쇄폭발이 발생하여 반응기 위에서 작업 중이던 작업자 5명 사망, 교대근무 감독자와 2명의 작업자 부상당함	5명 사망, 5명 부상, 150명 주민 대피
4	국외	프랑스 돌시에 위치한 플라스틱 제조공장에서 11번 고압중합반응기에 작업자가 염화비닐단량체(VCM)를 공급하기 전 전단진공밸브를 열어 배관 내 가스를 제거하는 사전 작업에서 배관의 중간밸브(수동)와 전단진공밸브를 잠그지 않은 채 염화비닐단량체 공급 작업을 허가했고, 결과적으로 그 일부가 14m 높이의 대기배출구를 통해 외부로 유출되어 폭발성 구름을 형성함 형성된 폭발성 구름이 이동하여 비보호 구역 내 존재하는 점화원이 있다면 폭발 상황이 우려되었지만, 실제 점화원이 존재하지 않아 폭발하지 않음.	-

2) 유기주석

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	울산 석유화학단지 내에 위치한 DMT 제조 회사의 탱크 청소 작업을 4일 간 한 후 다음 날부터 어지럼증, 지남력 저하, 환각, 흥분 등의 이상 행동 증상이 나타났고 3일간 증상 호전 없이 의식 저하가 나타나 응급실로 이송되어 치료를 받음. 당시 보호의와 산소마스크를 착용한 상태에서 동료 3명과 함께 작업을 하였으나 탱크 내부로 연결되는 입구가 성인 남자 한명이 들어갈 수 있는 정도라 탱크 내부에서 청소작업은 1명만 진행함	부상 1명
2	국외	대학원에 재학 중인 학생이 알킬주석 화합물을 재결정화하는 실험작업 중 갑작스런 화재가 발생하여 병원에 입원하였고, 입원 3일 후 의식 저하와 지남력 소실이 발생함. 입원 10일 후 인지 능력이 점차 회복되었으나, 19개월 이후에도 최근 정보를 기억하지 못하거나 집중력 저하, 불안 등의 증상을 호소함	부상 1명

3) 메틸브로마이드

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	수입과일 지게차 운전작업 중독증상 발생	중독증상
2	국내	2015년 2월에 수입과일 방역작업 도중 메틸브로마이드에 노출되어 근로자 1명에게 독성 뇌병증이 발생하였고 동 사례를 조사하는 과정에서 동료 근로자 3명에게 유사 중독 증세가 있음을 확인함	독성뇌병증 1명, 유사 중독증상 3명
3	국내	2011년 5월 11일부터 7월 8일까지 2달간 식물방제작업을 수행하는 동안 몸에 힘이 없고 어지러움을 느꼈으며, 병원에서 메틸브로마이드 중독에 의한 말초신경병증을 진단받음. 작업의 구체적인 내용은 과일 등의 소독할 제품을 천막으로 포장하고 테이프로 밀봉한 후, 훈증제(메틸브로마이드를 투약하여 2시간이 지난 후에 포장의 앞뒤를 열고 환풍기를 가동하여 훈증제를 배출하였고, 창고문(너비 4m, 높이 2.5~3m)에 송풍기 4대(날개 지름 약 1m)를 가져와 바람을 불어넣어 환기를 보장하는 것임. 메틸브로마이드는 피부를 통한 흡수가 가능한데, 반면형 방독면 외에 피부 보호장비를 착용하지 않았음. 수출입식물검역소독처리규정에 의하면 파인애플이나 바나나를 소독할 때 천막 포장 안의 메틸브로마이드 농도는 주입 2시간 후에 38 g/m ³ 으로 고용노동부 노출기준(TWA 1ppm, 3.9 g/m ³)의 거의 열 배에 가까운 농도임	다발신경병증 1명
4	국내	훈증소독실 내에서 메틸브로마이드를 사용하여 훈증소독을 한 후 충분한 환기를 하지 않고 하역(운반) 근로자들이 출입하여 고농도의 메틸브로마이드에 노출된 것으로 추정함. 근로자 6명에게서 메틸브로마이드 급성중독 증상인 어지러움, 시력장애, 손발 저림, 손떨림, 보행장애 등이 나타났고 진단 결과 독성 뇌병증, 다발성 신경병증으로 확인됨	독성뇌병증, 다발성 신경병증 6명

5	국내	2003년 3월부터 아르바이트로 농산물이 들어있는 컨테이너 방역작업을 하던 중 2000년 4월부터 말 더듬, 먹지 못함, 잠만 잠, 비틀거리고 손발 떨림증상이 나타나 5월에 메틸브로마이드에 의한 뇌병증 진단을 받음 농산물이 들어있는 컨테이너 내에 메틸브로마이드 등을 주입하고 밀봉한 후 송풍기를 이용하여 2시간 정도 훈증하고 컨테이너를 개방하여 송풍기와 투입관을 제거하는 작업을 수행함. 컨테이너 개방 후 제거작업은 1시간이 지나야 하나 해당 근로자는 방역 물량이 많은 이유로 컨테이너를 개방하자마자 제거작업을 하였으며 냄새가 심한 경우가 아니면 통상 방독면을 착용하지 않음. 생물학적 모니터링 결과 동료 근로자들도 높은 농도로 메틸브로마이드에 노출된 것을 확인함	뇌병증 1명
6	국내	1990년부터 수입원목 및 식물방역작업을 하던 중 2000년 5월 손발이 저리고 상하지 감각이 떨어져 6개월 후인 2000년 11월에 정밀진단을 받은 결과 말초신경염을 진단받음. 주로 원목에 대한 소독작업에 종사하였는데, 이는 쌓여있는 원목을 천막으로 포장하고 천막 안 밀폐공간에 메틸브로마이드를 주입하여 24~48시간 동안 방역소독이 되도록 방치하고 이후 다시 포장을 걷어내는 작업이었음. 작업원칙상 포장(천막)을 걷어낼 때는 방독면을 착용하도록 되어있으나 실제 착용하지 않고 작업함	말초신경염 1명
7	국외	원목을 운반하는 화물선에서 화물창을 밀폐하고 메틸브로마이드 172 kg을 살포한 후, 하선하지 않고 화물선 내부에서 취침한 근로자 1명에게 오심, 구토, 두통, 현훈 등의 증상이 발생하였고 동료 근로자 2명도 다음 날 혼수상태로 발견되어 응급실로 이송됨	중독증상 1명, 사망 2명

4) 일산화탄소

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	겨울철 경기 용인 소재 아파트 건설현장에서 콘크리트 보온 양생 용도로 사용한 야자탄(성형탄)을 교체하기 위해 보양막 내부로 들어가던 중 일산화탄소에 급성중독 되어 근로자 1명이 사망함. 당시 내부 출입 전 일산화탄소 가스농도를 측정하지 않았고 적정 보호구도 착용하지 않았음	사망 1명
2	국외	실내 아이스하키장에서 빙판포장차가 불완전연소된 일산화탄소를 배출하여 경기 도중 한 선수가 일산화탄소 급성중독으로 의식을 잃음. 당시 50명의 선수와 100명의 관객이 해당 장소에서 일산화탄소에 노출되었으며 그중 92명이 두통, 오심, 구토, 어지러움, 호흡곤란을 호소하였고, 노출로부터 7일 후에도 기억력 저하, 집중력 저하 등의 증상을 호소함	의식소실 1명

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 호흡기로 흡입될 수 있는 염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소를 직접 다루거나 부산물로 발생할 수 있는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 메틸브로마이드에 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

3) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.

○ 염화비닐이 사용되는 공정을 자동화하여 근로자가 염화비닐에 기체 혹은 고체로 노출되는 상황을 제거하는 것을 고려해야 합니다.

플라스틱 제조공장 사출성형공정의 경우 폴리염화비닐이 고온, 고압 환경에서 성형되고 있을 때 밀폐된 기계 안에서 이루어지고 이후 제품을 꺼낼 때에도

근로자가 직접 다뤘던 과거와 달리 현재는 기술적으로 로봇을 이용해 수행할 수 있습니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

(1) 염화비닐

○ 염화비닐은 호흡기를 통해 빠르게 흡입되기 때문에 TWA 1ppm이 초과 되는 경우 관리자는 노출된 근로자를 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다. 또한 입고 있던 옷을 벗도록 해야 합니다. 이후 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받을 수 있게 해주세요.

○ 눈에 닿은 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척하도록 해야 합니다.

○ 피부에 닿은 경우 눈과 동일하게 흐르는 생리식염수로 15분 이상 세척하도록 해야 합니다.

○ 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다³⁶⁾.

○ 모든 응급조치를 하였다 해도 이후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

(2) 유기주석

○ 유기주석은 호흡기를 통해 흡입될 수 있고 탱크 청소작업 환경은 항상 밀폐되어 있기 때문에, 유기주석 급성중독 증상이 나타나거나 TWA 0.1mg/

36) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 억지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 억지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있습니다.

m³을 초과 노출되었다고 판단될 즉시 근로자는 그 공간에서 벗어나도록 도와야 합니다. 입고 있던 옷을 벗도록 해야 합니다.

○ 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다.

○ 모든 응급조치를 하였다 해도 이후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

(3) 메틸브로마이드

○ TWA 1ppm을 초과하는 경우 메틸브로마이드는 피부에 닿으면 흡수되고 옷을 입고 있었다 하더라도 옷을 통과하여 피부에 흡수되므로 관리자는 노출된 근로자가 즉시 옷을 벗고 신체를 세척하도록 도와야 합니다.

○ 눈에 노출될 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척하도록 해야 합니다.

○ 피부에 노출될 경우 눈과 동일하게 흐르는 생리식염수로 15분 이상 세척하도록 해야 합니다.

○ 모든 응급조치를 하였다 해도 이후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

(4) 일산화탄소

○ 일산화탄소에 급성으로 중독되는 환경은 대부분 밀폐되어 있기 때문에, TWA 30ppm 혹은 STEL 200ppm을 초과하는 등 일산화탄소 급성중독 증상이 나타나거나 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 이후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여

부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다. 독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용

상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

○ 2020년 8월 농림축산검역본부는 세계 최초로 메틸브로마이드 훈증작업이 무증상 작업자의 건강에도 부정적 영향을 끼친다는 사실을 규명했습니다. 메틸브로마이드의 작업자는 훈증작업 후 중독증상이 없었음에도 불구하고 소변 내 브로마이드 평균 농도가 작업 전보다 2.5배 증가했습니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구를 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다. 이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 9).

표 9. 염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 방독마스크 	[염화비닐, 메틸브로마이드] • 가스상태로 발생할 경우 호흡기를 보호하고 접액을 막기 위해 전면형 방독마스크를 착용 • 가스로 흡입될 경우 급성독성으로부터 중독방지를 위함 • 호흡기, 피부보호를 위해 전면형 방독마스크 이상을 착용해야 함
	송기마스크 	[염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소] • 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함

	반면형 마스크 	[일산화탄소] - 일산화탄소로부터 호흡기를 보호하기 위해 반면형 착용 - 일산화탄소 가스로부터 중독 방지를 위함 - 호흡기로 흡입되는 것을 예방하기 위해 반면형 마스크를 착용해야 함																				
보호복	화학물질용 보호복  (3형식)	[염화비닐] - 염화비닐은 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 분진 등과 같은 에어로졸에 대한 차단 성능을 갖는 5형식을 착용함 - 전용 개인 보호의를 갖도록 하고, 매일 깨끗한 것으로 교체하여 작업 전 착용하도록 함																				
	 (5형식)	[메틸브로마이드] - 메틸브로마이드는 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	[염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드] - 작업과정 시 화학물질이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 - 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
보안경	고글형 보안경 	[염화비닐] 작업 특성상 염화비닐이 눈에 튀어 직접 접촉될 우려가 있는 경우 고글형 보안경을 착용																				

안전화	화학물질용 안전화 	[유기주석, 메틸브로마이드] • 취급 작업 시 여러 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용
-----	--	--

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

(1) 염화비닐

○ 보관 시,

- 염화비닐은 열에 약해 쉽게 타고 고온에 불안정해지므로 폭발 등의 사고가 일어나지 않도록 화기 및 고온 환경과 멀리 두어야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 염화비닐은 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 염화비닐을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

- 염화비닐이 고온과 고압 환경에서 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 구토, 구역, 어지러움 등의 염화비닐 급성중독 증세가 나타나진 않는지 달콤한 염화비닐 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.

- 염화비닐 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다.

(2) 유기주석

○ 보관 시,

- 분진형태의 유기주석은 열에 노출되거나 일부 화학물질과 자발적으로 반응하여 불에 타기 쉽기 때문에 고온 환경과 멀리하고 주변 물질을 주기적으로 살펴야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 청소작업을 위해 탱크로 진입하기 직전 유기주석 감지기 농도를 필히 확인해야 합니다.

- 내화학용 보호의 및 송기마스크 등 유기주석 급성중독 예방에 필수적인 보호구가 적절한지 수시로 확인해야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

- 유기주석은 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 유기주석을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 유기주석에 급성중독 될 경우 나타나는 증상을 반드시 기억하고 작업 동안 유사한 증상이 본인에게 나타나지 않는지 항상 주시해야 합니다.

(3) 메틸브로마이드

○ 보관 시,

- 메틸브로마이드는 산화제와 접촉 시에는 화재 및 폭발을 일으킬 수 있으니 주의해야 합니다.

- 메틸브로마이드는 알루미늄과 반응하여 자연적으로 가연성 알루미늄 트리메틸을 형성하므로 화재 및 폭발의 위험이 있습니다.

- 습기가 없는 서늘하고 통풍이 잘되는 곳에 두어야 하고, 밀폐된 용기에 두어야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 메틸브로마이드는 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 메틸브로마이드를 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.
- 메틸브로마이드가 들어있는 용기를 개방된 상태로 방치하지 않고, 작업 중 누출되지 않도록 주의합니다.
- 메틸브로마이드 주입 후 살충효과를 내기 위한 일정 시간이 지나면, 해당 공간(특히 실내)에 메틸브로마이드 농도가 노출기준 이하가 되기 전까진 절대 관계자 외 사람이 출입하지 않도록 합니다.

(4) 일산화탄소

○ 작업 습관은,

- 일산화탄소 감지기를 반드시 사용하여 보온양생작업을 한 내부로 출입 시 가스농도를 측정하여 적정공기 수준을 확인 후에 진입합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.
- 보온양생작업을 한 내부는 절대 관계자 외 사람이 출입하지 않도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

1) 염화비닐

용어	설명										
발암물질	암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질										
운동실조	사람이 신체를 움직일 때는 여러 근육들이 서로 조화가 이루어져야 움직임이 가능하지만 이런 근육들의 상호작용이 깨져서 섬세한 움직임이나 일정한 운동을 할 수 없게 되는 것										
부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것										
간혈관육종	간 내 혈관이 기형적 변화를 일으켜 스펀지의 단면과 같은 모습을 보이는 덩어리를 형성한 질환										
세계보건기구 국제암연구소 (WHO IARC)	국제연합(UN) 세계보건기구 산하기관으로, 암의 원인에 대해 연구를 지휘하고 조정하는 역할을 함 발암물질인지 문제되는 물질들에 대해 다음과 같이 분류함 <table border="1"> <tr> <td>그룹1</td><td>확실히 사람에게 암을 일으키는 물질</td></tr> <tr> <td>그룹2A</td><td>동물에게서는 발암성 입증자료가 있으나 사람에게서는 발암성이 입증되지 않은 물질</td></tr> <tr> <td>그룹2B</td><td>사람에게 암을 일으키는 가능성이 있는 물질</td></tr> <tr> <td>그룹3</td><td>사람에게 암을 일으키는 것이 분류가 되지 않은 물질</td></tr> <tr> <td>그룹4</td><td>사람에게 암을 일으키지 않는 물질</td></tr> </table>	그룹1	확실히 사람에게 암을 일으키는 물질	그룹2A	동물에게서는 발암성 입증자료가 있으나 사람에게서는 발암성이 입증되지 않은 물질	그룹2B	사람에게 암을 일으키는 가능성이 있는 물질	그룹3	사람에게 암을 일으키는 것이 분류가 되지 않은 물질	그룹4	사람에게 암을 일으키지 않는 물질
그룹1	확실히 사람에게 암을 일으키는 물질										
그룹2A	동물에게서는 발암성 입증자료가 있으나 사람에게서는 발암성이 입증되지 않은 물질										
그룹2B	사람에게 암을 일으키는 가능성이 있는 물질										
그룹3	사람에게 암을 일으키는 것이 분류가 되지 않은 물질										
그룹4	사람에게 암을 일으키지 않는 물질										
간세포암	간암 중 일차성 간암으로 그 중 간세포에서 유래하는 암 이를 주로 간암이라고 함										
사출	플라스틱을 금형에 고압으로 밀어 넣어 원하는 모양으로 만드는 방식										
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준										
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동										

급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

2) 유기주석

용어	설명
흙	고체물질의 증기가 응고되거나 또는 기체물질의 화학반응으로 생긴 공기 중에 부유하는 고체입자 즉, 좋지 않은 냄새가 나는 연기로 미스트(미립자가 액체일 경우)와 비슷함
중추신경계	신경계는 크게 중추신경계와 말초신경계로 나뉘는데, 몸의 중심에 위치한 두개골 속 뇌와 척추 속 척수를 말함 (cf. 말초신경계는 몸의 끝부분에 주로 존재하여 뇌와 척수를 제외한 모든 신경을 말함)
폐울혈	폐 조직에 피가 모여 고인 상태 호흡이 곤란해지고 기침이 심하여 작은 핏덩이가 섞인 짙은 가래가 나옴
작열감	타는 듯한 느낌의 통증 혹은 화끈거림
지남력 상실	현재 자신이 놓여있는 상황을 올바르게 인식하지 못함 즉, 의식, 사고력, 판단력, 기억력, 주의력 등에 문제가 생겨 내가 누군지, 여기가 어딘지, 지금 몇 시인지 알지 못함
이명	귀울림이라고도 하며, 외부에서의 소리 자극 없이 귓속 또는 머릿속에서 소리가 들린다고 느끼는 상태

3) 메틸프로마이드

용어	설명
독성뇌병증	어지러움, 두통, 구토, 시야가 흐릿해짐, 손 떨림, 손과 발이 저림, 경련 등의 증상이 나타남
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨 쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
표재성 화상	표피가 괴사하고 상부 진피까지만 손상된 2도 화상으로 피부가 붉게 부어오르고 물집이 생기며 통증이 있음

4) 일산화탄소

용어	설명
뇌부종	뇌 실질 내 수분 함량이 비정상적으로 증가해 뇌조직의 크기가 증가한 상태
해마	뇌의 깊은 양 옆쪽에 왼쪽, 오른쪽 하나씩 있으며 해마가 괴사되면 학습과 새로운 기억을 받아들일 수 없게 됨
기저핵 병변	원하는 대로 몸을 움직일 수 없게 되고 손가락 등이 떨리는 파킨슨병 등과 관련이 있음

직업성 질병 예방을 위한 염화비닐(Vinyl chloride)·유기주석(Organotin)· 메틸브로마이드(Bromomethane)·일산화탄소 (Carbon Monoxide) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

1. 염화비닐 · 유기주석 · 메틸브로마이드(bromomethane) · 일산화탄소에 노출되어
발생한 중추신경계장애 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소를 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소는 제1호 ‘염화비닐·유기주석·메틸브로마이드(bromomethane)·일산화탄소에 노출되어 발생한 중추신경계장해 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
 - 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

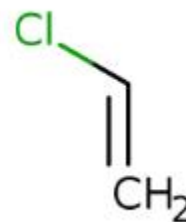
제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

1) 염화비닐(그림 20³⁷⁾)

- 염화비닐의 CAS No.³⁸⁾은 75-01-4입니다.
- 화학식은 CH_2CHCl 입니다.
- 염화바이닐, 염화비닐 단량체, 비닐클로라이드 모노머, 클로로에틸렌, 클로로에텐 또는 VC라고도 합니다.
- 염화비닐은 상온에서 색이 없고 기체로 존재하며, 열에 약해 타기 쉽고 고온에서 불안정합니다.
- 시간가중평균노출기준(TWA)³⁹⁾이 1ppm이며 3000ppm 정도의 고농도 일 때 달콤한 냄새가 납니다. 3000ppm 보다 낮은 농도에서는 냄새가 잘 나지 않기 때문에 냄새로 노출여부를 확인하기 어렵습니다.

그림 20.
염화비닐
화학구조



2) 유기주석

- 유기주석 화합물에는 대표적으로 디메틸주석, 디부틸주석, 디에틸주석, 트리부틸주석, 티옥틸주석, 트리페닐주석 등이 있습니다.
- 주석은 부드럽고 휘어지기 쉬운 광택이 있는 은회색 고체 금속으로 토양

37) <https://echa.europa.eu/>

38) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

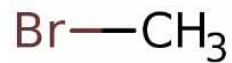
39) 일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하 수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준을 노출기준이라 하는데, 일하는 사람의 근로시간을 1일 8시간으로 산정한 것임. 근로자가 해당 노출기준보다 높은 농도에 노출되면 건강상 위험함

속에 자연적으로 존재하기도 합니다. 전이 후 금속으로 쉽게 산화되지 않고 부식에 대한 저항성이 있으며, 냄새가 없습니다.

○ 분진 형태로 열에 노출되거나 일부 화학물질과 자발적으로 반응하는 경우 불에 타기 쉽습니다.

3) 메틸브로마이드(그림 21⁴⁰⁾)

그림 21.
메틸브로마이드
화학구조



○ 메틸브로마이드의 CAS No.은 74-83-9입니다.

○ 화학식은 CH_3Br 입니다.

○ 브로모메탄 또는 브롬화메틸이라고도 합니다.

○ 메틸브로마이드는 색이 없고 투명한 액체로 휘발성이 강합니다.

○ 쉽게 불이 붙지는 않으나 열에 닿으면 타는 동안 열분해 또는 연소에 의해 자극적이고 매우 유독한 가스가 발생할 수 있습니다.

○ 시간가중평균노출기준은 1ppm이며 500ppm 정도의 고농도일 때 케케묵은 과일 냄새가 납니다. 낮은 농도에서는 냄새가 나지 않습니다.

4) 일산화탄소(그림 22⁴¹⁾)

그림 22.
일산화탄소
화학구조



○ 일산화탄소의 CAS No.은 630-08-0입니다.

○ 화학식은 CO 입니다.

○ 일산화탄소는 실내·외 공기 중에서도 발견되는 색, 냄새, 맛, 자극이 없는 기체입니다.

○ 연료나 화학공정의 원료로 사용되며 인체 내로 들어오면 카복시헤모글로빈을 형성하여 저산소증을 유발합니다.

40) <https://echa.europa.eu/>

41) <https://echa.europa.eu/>

2. 주로 어디에서 사용할까요?

1) 염화비닐

○ 염화비닐은 여러 개의 염화비닐을 중합한 폴리염화비닐(PolyVinyl Chloride, PVC)을 원료로 하는 플라스틱 제품 생산 공정에서 주로 사용됩니다. 그중 파이프 등과 같은 플라스틱 배관 생산에 가장 많이 사용됩니다.

○ 이외에도 음료페트병 등의 포장재, 건설 바닥재, 문, 창문, 자동차 등의 좌석, 범퍼, 전자 부품, 계기판 등의 원료가 됩니다.

○ 플라스틱의 접착제에도 성분이 포함되어 있습니다.

○ 국내 폴리염화비닐 연간 생산 가능량은 146만 톤이며, 제조품 중 약 60%가 건축자재용이므로(그림 23⁴²⁾), 건축 경기에 따라 수요가 증감하고 있습니다.

그림 23. 2013년 폴리염화비닐(PVC) 용도별
전 세계 수요



○ 플라스틱 가공/성형공장에서 사출⁴³⁾이나 압출 등의 공정을 통해 제품을 생산하는데 있어 사용되는 폴리염화비닐 수지에서 염화비닐이 사용됩니다.

42) 한국바이닐환경협회 홈페이지, PVC산업 역사/현황

43) 플라스틱을 금형에 고압으로 밀어 넣어 원하는 모양으로 만드는 방식

○ 고온 및 고압 환경의 사출성형공정에서 염화비닐이 분해되어 공기 중에 유독가스인 염화수소를 발생시키기도 하고, 공정상 분말 또는 알갱이 형태의 플라스틱을 사용하여 가공과정에서 분진의 형태로 염화비닐이 노출되기도 합니다(그림 24⁴⁴⁾).

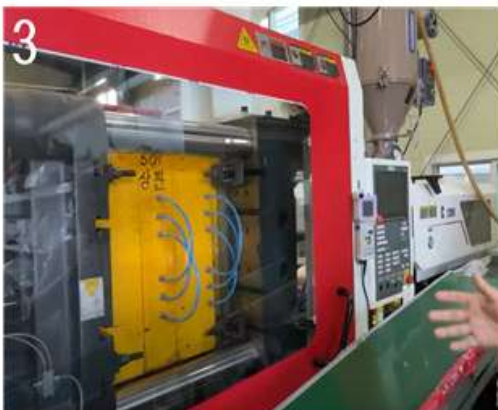
그림 24. 플라스틱제품 생산공정 사출성형작업 흐름도



원료(플라스틱 조각)를 흡입하는 자동적재기(오토 로더)를 통해 저장조(호퍼)로 원료 이송



원료가 스크류 회전에 의해 스크류로 내려와 200도 이상인 고온 가열기관(히팅실린더)에서 녹음



녹은 원료는 러너를 통해 압력을 이용하여 금형으로 주입



금형 내에서 제품이 굳고 로봇(혹은 사람)이 제품 꺼냄

44) 대붕이엔지 유튜브, 플라스틱 사출성형(Injection Molding)

2) 유기주석

○ 주석이 탄소와 결합하면 유기주석 화합물이 되는데, 이는 생물부착 방지 효과가 높아 선박이나 양식어구 등의 방오제로 광범위하게 사용되고 있습니다.

○ 청소 세정제, 폴리염화비닐(PVC) 안정제, 플라스틱 첨가제, 살충제, 목재보존재에도 유기주석이 포함되어 있습니다.

○ 유기주석 화합물의 국내 유통량은 아래와 같습니다(표 10⁴⁵⁾).

표 10. 유기주석 화합물 국내 유통량

화학물질명	유통량(톤)
fentin fluoride	0.3
fentin hydroxide	1
Tributyltin fluoride	13
Octyl acrylate-Methyl methacrylate-Tributyltin methacrylate copolymer	32
2-propenoic acid, polymer with 2-ethylhexyl 2-propenoate and tributyl[(2-methyl-1-oxo-2-propenyl)oxy]stannane	43
2-propenoic acid, polymer with tributyl[(2-methyl-1-oxo-2-propenyl)oxy]stannane	59
Bis(tributyltin)Oxide	160
Tributyl(methacryloyloxy) stannane	533

○ PVC 안정제 원료를 제조 및 합성하는 화학공장에서 PVC 안정제 원료로 유기주석 화합물이 사용됩니다.

45) 1998년 환경부 조사자료

○ 유기주석을 다루는 화학공장 저장탱크에 직접 들어가 청소하는 과정(그림 25⁴⁶⁾)에서, 밀폐된 탱크 내에 부산물로 발생한 고농도의 유기주석 증기를 코로 들이마셔 중독되는 경우가 있습니다.

그림 25. 유기주석 저장탱크 청소작업 흐름도



작은 원형 탱크 입구를 통해 안으로 진입함



송기마스크와 내화학복을 착용하고 탱크 안으로 슬러지 준설 작업을 함



이어 호스를 이용한 고압 세척 작업을 함



비계를 설치하여 비파괴검사를 실시한 후 철거하여 마무리 함

46) raonclean 라온클린, 네이버 블로그, 유기용제 탱크 제품 저장조 서스 탱크 내부 슬러지 제거 청소 작업

3) 메틸브로마이드

○ 고독성 농약으로 알려진 메틸브로마이드는 국내에서 검역훈증제⁴⁷⁾로 가장 많이 사용되고 있습니다.

○ 최근 5년간 국내에서 사용된 메틸브로마이드는 연평균 400톤 이상으로 현재까지도 꾸준히 사용되고 있습니다. 그중 70~80%는 수입목재류 훈증작업에 사용됩니다(그림 26⁴⁸⁾, 27⁴⁹⁾).

그림 26. 2021년 국내 검역 용도별 메틸브로마이드 활용량

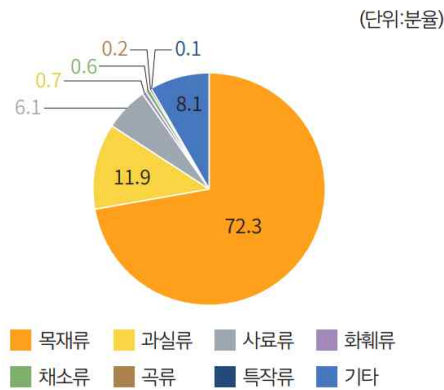
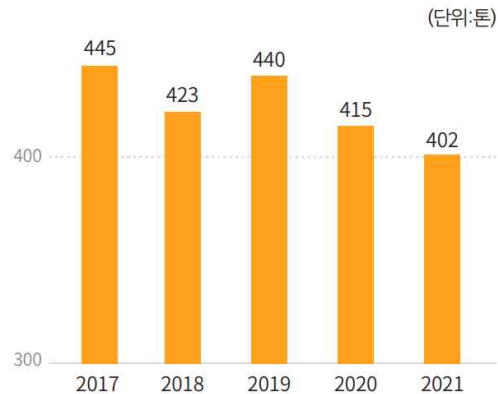


그림 27. 2017~2021년 국내 메틸브로마이드 사용량



○ 메틸브로마이드는 수입 원목, 과일, 곡류, 수출포장재 등의 수입유통업에서 병해충을 제거하기 위한 살균가스로 사용됩니다.

넓은 공터나 넓은 실내에서 해당 수입물품을 쌓아두고 이를 천막으로 덮어 진행하는 천막훈증작업(그림 28⁵⁰⁾), 해당 수입물품이 담긴 컨테이너 안을 훈증하는 컨테이너훈증작업 등이 있습니다.

47) 일정 온도와 압력 하에서 해충을 사멸시키기 위해 가스 상태로 개발된 약제

48) 출처: 농림축산검역본부

49) 출처: 농림축산검역본부

50) 대한 TEC(주), 현장 사진

그림 28. 메틸브로마이드 훈증작업 흐름도

1



수입원목 위에 3~4장의 천막을 펼침

2



천막 이음새를 테이프로 붙이고, 바닥은 모래주머니, 흙으로 눌러 완전 밀폐시킴

3



액체 메틸브로마이드가 담긴 용기에 호스를 연결하여 천막 안으로 주입함

4



16~24시간이 지나면 테이프를 제거하고 천막을 걷어 환기함

4) 일산화탄소

○ 일산화탄소를 이용하여 무수아세트산, 폴리카보네이트, 아세트산, 폴리케톤 등의 화합물을 제조합니다.

○ 등유 및 가스히터, 난로, 발전기 및 기타 휘발유 동력 장비를 사용하는 경우 불완전연소로 일산화탄소가 발생할 수 있습니다. 특히 겨울철 건설현장 콘크리트 보온양생작업(그림 29⁵¹⁾) 및 상수도 맨홀 내부 작업과 같이 밀폐된 작업장의 경우 다량의 일산화탄소가 있을 수 있습니다.

○ 담배 연기도 실내 공기 중 일산화탄소 농도를 증가시킵니다.

그림 29. 겨울철 건설현장 콘크리트 보온양생작업 흐름도



콘크리트 건물 내부에 들어가 갈탄난로에
불을 붙임

환기 및 일산화탄소 농도 측정 후 내부로
진입하여 갈탄난로를 제거함

51) 안전보건공단안전젤이, 유튜브, 건설현장 콘크리트 양생 중 질식사고

3. 왜 위험한가요?

1) 염화비닐(그림 30)

○ 세계보건기구 국제암연구소(WHO IARC)⁵²⁾에서는 염화비닐에 노출될 경우 사람에게 간혈관육종⁵³⁾ 및 간세포암⁵⁴⁾이 발생이 발생할 수 있는 충분한 근거가 있다고 평가하여 이를 인체발암물질 Group 1으로 구분하고 있습니다. 또한 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)에서는 염화비닐에 노출된 사람의 경우 간암(특히, 간혈관육종)이 증가한 연구 결과가 있습니다.

○ 특히 염화비닐은 태반을 통과할 수 있으므로, 산모인 근로자에게 노출될 경우 태아에게 영향을 줄 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 염화비닐을 코로 들이마시거나 입으로 삼키는 경우, 중추신경 억제작용이 나타나 두통, 어지럼증, 구역, 구토, 운동 실조⁵⁵⁾가 발생할 수 있고 심근 감각이 나타나 심실 세동, 방실 차단 등의 부정맥⁵⁶⁾이 나타날 수 있습니다. 피부에 닿을 경우 국소 동상 및 통증, 피부 두꺼워짐과 탄력 감소 등이 나타날 수 있습니다.

○ 염화비닐 액체는 고압 상태가 아닐 경우 빠르게 증발되므로 호흡기 흡입에 의한 중독 가능성이 높습니다.

○ 염화비닐은 열에 노출되면 폭발할 수 있어 주의해야 합니다.

52) 국제연합(UN) 세계보건기구 산하기관으로, 암의 원인에 대해 연구를 지휘하고 조정하는 역할을 함

53) 간 내 혈관이 기형적 변화를 일으켜 스펀지의 단면과 같은 모습을 보이는 덩어리를 형성한 질환

54) 간암 중 일차성 간암으로 그중 간세포에서 유래하는 암으로, 이를 주로 간암이라고 함

55) 사람이 신체를 움직일 때는 여러 근육들이 서로 조화가 이루어져야 움직임이 가능하지만 이런 근육들의 상호작용이 깨져서 섬세한 움직임이나 일정한 운동을 할 수 없게 되는 것

56) 심장이 정상적으로 뛰지 않는 것

그림 30. 염화비닐 위험표지



2) 유기주석(그림 31)

○ 유기주석은 간 독성이 있어, 간 조직의 지방 변성⁵⁷⁾과 괴사를 유발할 수 있습니다.

○ 유기주석은 신경계에 영향을 미쳐 신경행동변화를 유발합니다. 두통, 기억소실, 지남력 상실⁵⁸⁾, 실신, 성격변화, 이명⁵⁹⁾ 등이 발생할 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 유기주석을 코로 들이마신 경우, 호흡기 점막에 염증을 유발하고 폐 조직의 울혈⁶⁰⁾과 부종 및 기관지염이 발생합니다. 가슴이 답답함, 호흡곤란(숨을 쉬는데 불편함), 호흡 시 쉼쉼거리는 소리가 남, 흉통(가슴통증), 콧물, 인후(목구멍)통, 비(코)점막 작열감⁶¹⁾이 나타납니다.

○ 입으로 삼킬 경우, 소화기계에도 영향을 미쳐 복통(배 아픔), 오심(메스꺼움), 구토가 발생할 수 있습니다.

○ 유기주석은 열에 노출되거나 일부 화학물질과 자발적으로 반응하게 되면 화재가 발생할 수 있어 주의해야 합니다.

57) 세포 내에 지방이 병적으로 축적되고 침착하는 것

58) 현재 자신이 놓여있는 상황을 올바르게 인식하지 못함. 즉, 의식, 사고력, 판단력, 기억력, 주의력 등에 문제가 생겨 내가 누군지, 여기가 어딘지, 지금 몇 시인지 알지 못함

59) 귀울림이라고도 하며, 외부에서의 소리 자극 없이 귓속 또는 머릿속에서 소리가 들린다고 느끼는 상태

60) 폐 조직에 피가 모여 고인 상태. 호흡이 곤란해지고 기침이 심하여 작은 핏덩이가 섞인 짙은 가래가 나옴

61) 타는 듯한 느낌의 통증 혹은 화끈거림

그림 31. 유기주석 중 일부 위험표지



3) 메틸브로마이드(그림 32)

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 메틸브로마이드를 코로 들이마시면 신경학적 장애를 일으켜 독성 뇌병증⁶²⁾이 발생할 수 있고 심하면 사망할 수 있습니다. 또한 폐에 물이 차는 폐부종⁶³⁾이 나타날 수 있습니다. 또한 눈에 닿으면 결막염을 일으킬 수 있고, 피부에 닿으면 표재성 화상⁶⁴⁾을 입을 수 있습니다. 옷을 입고 있어도 옷을 통과하여 피부에 닿습니다.

○ 가열시 폭발할 수 있습니다.

그림 32. 메틸브로마이드 위험표지



62) 어지러움, 두통, 구토, 시야가 흐릿해짐, 손 떨림, 손과 발이 저림, 경련 등의 증상이 나타남

63) 폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨 쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴

64) 표피가 괴사하고 상부 진피까지만 손상된 2도 화상으로 피부가 붉게 부어오르고 물집이 생기며 통증이 있음

4) 일산화탄소(그림 33)

○ 일반적으로 일산화탄소를 코로 들이마심으로써 중독됩니다. 모든 사람이 숨을 쉬면서 공기 내에 있는 일산화탄소에 노출되지만, 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 일산화탄소를 들이마시면 사망할 수 있습니다.

○ 일산화탄소가 체내로 흡입될 경우, 다양한 조직에 산소가 공급되는 것을 막고 세포 호흡을 저해하므로 산소 이용량이 많은 중추신경계에 영향을 미칩니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 일산화탄소를 코로 들이마시면 가장 먼저 심장에 작용하여 가슴 통증, 두근거림, 실신, 의식 소실 등이 나타날 수 있고 다음으로 중추신경계에 작용하여 두통, 어지러움, 판단 장애, 시각 장애, 오심 등이 발생할 수 있습니다. 또한 신경학적으로 시력 상실, 인지기능 저하, 실어증 등이 발생할 수 있습니다.

○ 가열시 폭발할 수 있습니다.

그림 33. 일산화탄소 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

1) 염화비닐

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	염화비닐을 취급하는 화학공장에서 작업 중 염화비닐 가스 누출로 근로자에게 단기간 고농도로 노출되어 급성중독 증세가 발생함	부상 1명
2	국외	염화비닐 제조공정 중 VCM 제2생산공장 공정배관의 비상방출 밸브가 고장나 비상절차서에 따라 공정을 정지한 이후 이송 작업을 실시하던 중 염산완충탱크로부터 염산(HCl), 염화비닐 단량체(VCM) 등의 가스가 유출되었고, 가스 유출 10여분 후에 염산제거탑의 환류탱크 근처에서 폭발로 인한 화재가 발생하여 작업자 1명 사망함	사망 1명
3	국외	미국 일리노이주 일리오폴리스시에 위치한 플라스틱 제조공장 내 PVC1 반응기에서 폴리염화비닐(PVC)을 생산되던 중 큰 굉음과 함께 일부 작업자들이 염화비닐단량체(VCM) 냄새를 맡음 두 구역의 VCM 감지기에서 측정한도치를 초과한 수준임을 확인하였고 이후 연쇄폭발이 발생하여 반응기 위에서 작업 중이던 작업자 5명 사망, 교대근무 감독자와 2명의 작업자 부상당함	5명 사망, 5명 부상, 150명 주민 대피
4	국외	프랑스 돌시에 위치한 플라스틱 제조공장에서 11번 고압중합반응기에 작업자가 염화비닐단량체(VCM)를 공급하기 전 전단진공밸브를 열어 배관 내 가스를 제거하는 사전 작업에서 배관의 중간밸브(수동)와 전단진공밸브를 잠그지 않은 채 염화비닐단량체 공급 작업을 허가했고, 결과적으로 그 일부가 14m 높이의 대기배출구를 통해 외부로 유출되어 폭발성 구름을 형성함 형성된 폭발성 구름이 이동하여 비보호 구역 내 존재하는 점화원이 있다면 폭발 상황이 우려되었지만, 실제 점화원이 존재하지 않아 폭발하지 않음.	-

2) 유기주석

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	울산 석유화학단지 내에 위치한 DMT 제조 회사의 탱크 청소 작업을 4일 간 한 후 다음 날부터 어지럼증, 지남력 저하, 환각, 흥분 등의 이상 행동 증상이 나타났고 3일간 증상 호전 없이 의식 저하가 나타나 응급실로 이송되어 치료를 받음. 당시 보호의와 산소마스크를 착용한 상태에서 동료 3명과 함께 작업을 하였으나 탱크 내부로 연결되는 입구가 성인 남자 한명이 들어갈 수 있는 정도라 탱크 내부에서 청소작업은 1명만 진행함	부상 1명
2	국외	대학원에 재학 중인 학생이 알킬주석 화합물을 재결정화하는 실험작업 중 갑작스런 화재가 발생하여 병원에 입원하였고, 입원 3일 후 의식 저하와 지남력 소실이 발생함. 입원 10일 후 인지 능력이 점차 회복되었으나, 19개월 이후에도 최근 정보를 기억하지 못하거나 집중력 저하, 불안 등의 증상을 호소함	부상 1명

3) 메틸브로마이드

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	수입과일 지게차 운전작업 중독증상 발생	중독증상
2	국내	2015년 2월에 수입과일 방역작업 도중 메틸브로마이드에 노출되어 근로자 1명에게 독성 뇌병증이 발생하였고 동 사례를 조사하는 과정에서 동료 근로자 3명에게 유사 중독 증세가 있음을 확인함	독성뇌병증 1명, 유사 중독증상 3명
3	국내	2011년 5월 11일부터 7월 8일까지 2달간 식물방제작업을 수행하는 동안 몸에 힘이 없고 어지러움을 느꼈으며, 병원에서 메틸브로마이드 중독에 의한 말초신경병증을 진단받음. 작업의 구체적인 내용은 과일 등의 소독할 제품을 천막으로 포장하고 테이프로 밀봉한 후, 훈증제(메틸브로마이드를 투약하여 2시간이 지난 후에 포장의 앞뒤를 열고 환풍기를 가동하여 훈증제를 배출하였고, 창고문(너비 4m, 높이 2.5~3m)에 송풍기 4대(날개 지름 약 1m)를 가져와 바람을 불어넣어 환기를 보장하는 것임. 메틸브로마이드는 피부를 통한 흡수가 가능한데, 반면형 방독면 외에 피부 보호장비를 착용하지 않았음. 수출입식물검역소독처리규정에 의하면 파인애플이나 바나나를 소독할 때 천막 포장 안의 메틸브로마이드 농도는 주입 2시간 후에 38 g/m ³ 으로 고용노동부 노출기준(TWA 1ppm, 3.9 g/m ³)의 거의 열 배에 가까운 농도임	다발신경병증 1명
4	국내	훈증소독실 내에서 메틸브로마이드를 사용하여 훈증소독을 한 후 충분한 환기를 하지 않고 하역(운반) 근로자들이 출입하여 고농도의 메틸브로마이드에 노출된 것으로 추정함. 근로자 6명에게서 메틸브로마이드 급성중독 증상인 어지러움, 시력장애, 손발 저림, 손떨림, 보행장애 등이 나타났고 진단 결과 독성 뇌병증, 다발성 신경병증으로 확인됨	독성뇌병증, 다발성 신경병증 6명

5	국내	2003년 3월부터 아르바이트로 농산물이 들어있는 컨테이너 방역작업을 하던 중 2000년 4월부터 말 더듬, 먹지 못함, 잠만 잠, 비틀거리고 손발 떨림증상이 나타나 5월에 메틸브로마이드에 의한 뇌병증 진단을 받음 농산물이 들어있는 컨테이너 내에 메틸브로마이드 등을 주입하고 밀봉한 후 송풍기를 이용하여 2시간 정도 훈증하고 컨테이너를 개방하여 송풍기와 투입관을 제거하는 작업을 수행함. 컨테이너 개방 후 제거작업은 1시간이 지나야 하나 해당 근로자는 방역 물량이 많은 이유로 컨테이너를 개방하자마자 제거작업을 하였으며 냄새가 심한 경우가 아니면 통상 방독면을 착용하지 않음. 생물학적 모니터링 결과 동료 근로자들도 높은 농도로 메틸브로마이드에 노출된 것을 확인함	뇌병증 1명
6	국내	1990년부터 수입원목 및 식물방역작업을 하던 중 2000년 5월 손발이 저리고 상하지 감각이 떨어져 6개월 후인 2000년 11월에 정밀진단을 받은 결과 말초신경염을 진단받음. 주로 원목에 대한 소독작업에 종사하였는데, 이는 쌓여있는 원목을 천막으로 포장하고 천막 안 밀폐공간에 메틸브로마이드를 주입하여 24~48시간 동안 방역소독이 되도록 방치하고 이후 다시 포장을 걷어내는 작업이었음. 작업원칙상 포장(천막)을 걷어낼 때는 방독면을 착용하도록 되어있으나 실제 착용하지 않고 작업함	말초신경염 1명
7	국외	원목을 운반하는 화물선에서 화물창을 밀폐하고 메틸브로마이드 172 kg을 살포한 후, 하선하지 않고 화물선 내부에서 취침한 근로자 1명에게 오심, 구토, 두통, 현훈 등의 증상이 발생하였고 동료 근로자 2명도 다음 날 혼수상태로 발견되어 응급실로 이송됨	중독증상 1명, 사망 2명

4) 일산화탄소

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	겨울철 경기 용인 소재 아파트 건설현장에서 콘크리트 보온양생 용도로 사용한 야자탄(성형탄)을 교체하기 위해 보양막 내부로 들어가던 중 일산화탄소에 급성중독 되어 근로자 1명이 사망함. 당시 내부 출입 전 일산화탄소 가스농도를 측정하지 않았고 적정 보호구도 착용하지 않았음	사망 1명
2	국외	실내 아이스하키장에서 빙판포장차가 불완전연소된 일산화탄소를 배출하여 경기 도중 한 선수가 일산화탄소 급성중독으로 의식을 잃음. 당시 50명의 선수와 100명의 관객이 해당 장소에서 일산화탄소에 노출되었으며 그중 92명이 두통, 오심, 구토, 어지러움, 호흡곤란을 호소하였고, 노출로부터 7일 후에도 기억력 저하, 집중력 저하 등의 증상을 호소함	의식소실 1명

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 11).

표 11. 염화비닐,유기주석,메틸브로마이드,일산화탄소 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 방독마스크 	[염화비닐, 메틸브로마이드] • 가스상태로 발생할 경우 호흡기를 보호하고 접액을 막기 위해 전면형 방독마스크를 착용 • 가스로 흡입될 경우 급성독성으로부터 중독방지를 위함 • 호흡기, 피부보호를 위해 전면형 방독마스크 이상을 착용해야 함
	송기마스크 	[염화비닐, 유기주석, 메틸브로마이드, 일산화탄소] • 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
	반면형 마스크 	[일산화탄소] • 일산화탄소로부터 호흡기를 보호하기 위해 반면형 착용 • 일산화탄소 가스로부터 중독 방지를 위함 • 호흡기로 흡입되는 것을 예방하기 위해 반면형 마스크를 착용해야 함

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

(1) 염화비닐

○ 보관 시,

- 염화비닐은 열에 약해 쉽게 타고 고온에 불안정해지므로 폭발 등의 사고가 일어나지 않도록 화기 및 고온 환경과 멀리 두어야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 염화비닐은 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 염화비닐을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.
- 염화비닐이 고온과 고압 환경에서 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 구토, 구역, 어지러움 등의 염화비닐 급성중독 증세가 나타나진 않는지 달콤한 염화비닐 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.
- 염화비닐 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다.

(2) 유기주석

○ 보관 시,

- 분진형태의 유기주석은 열에 노출되거나 일부 화학물질과 자발적으로 반응하여 불에 타기 쉽기 때문에 고온 환경과 멀리하고 주변 물질을 주기적으로 살펴야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 청소작업을 위해 탱크로 진입하기 직전 유기주석 감지기 농도를 필히 확인해야 합니다.
- 내화학용 보호의 및 송기마스크 등 유기주석 급성중독 예방에 필수적인 보호구가 적정한지 수시로 확인해야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.
- 유기주석은 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 유기주석을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 유기주석에 급성중독 될 경우 나타나는 증상을 반드시 기억하고 작업 동안 유사한 증상이 본인에게 나타나지 않는지 항상 주시해야 합니다.

(3) 메틸브로마이드

○ 보관 시,

- 메틸브로마이드는 산화제와 접촉 시에는 화재 및 폭발을 일으킬 수 있으니 주의해야 합니다.
- 메틸브로마이드는 알루미늄과 반응하여 자연적으로 가연성 알루미늄 트리메틸을 형성하므로 화재 및 폭발의 위험이 있습니다.
- 습기가 없는 서늘하고 통풍이 잘되는 곳에 두어야 하고, 밀폐된 용기에 두어야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 메틸브로마이드는 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 메틸브로마이드를 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록

무전기 등을 휴대하도록 합니다.

- 메틸브로마이드가 들어있는 용기를 개방된 상태로 방치하지 않고, 작업 중 누출되지 않도록 주의합니다.
- 메틸브로마이드 주입 후 살충효과를 내기 위한 일정 시간이 지나면, 해당 공간(특히 실내)에 메틸브로마이드 농도가 노출기준 이하가 되기 전까진 절대 관계자 외 사람이 출입하지 않도록 합니다.

(4) 일산화탄소

○ 작업 습관은,

- 일산화탄소 감지기를 반드시 사용하여 보온양생작업을 한 내부로 출입 시 가스농도를 측정하여 적정공기 수준을 확인 후에 진입합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.
- 보온양생작업을 한 내부는 절대 관계자 외 사람이 출입하지 않도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

1) 염화비닐

용어	설명										
발암물질	암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질										
운동실조	사람이 신체를 움직일 때는 여러 근육들이 서로 조화가 이루어져야 움직임이 가능하지만 이런 근육들의 상호작용이 깨져서 섬세한 움직임이나 일정한 운동을 할 수 없게 되는 것										
부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것										
간혈관육종	간 내 혈관이 기형적 변화를 일으켜 스펀지의 단면과 같은 모습을 보이는 덩어리를 형성한 질환										
세계보건기구 국제암연구소 (WHO IARC)	국제연합(UN) 세계보건기구 산하기관으로, 암의 원인에 대해 연구를 지휘하고 조정하는 역할을 함 발암물질인지 문제되는 물질들에 대해 다음과 같이 분류함 <table border="1"> <tr> <td>그룹1</td><td>확실히 사람에게 암을 일으키는 물질</td></tr> <tr> <td>그룹2A</td><td>동물에게서는 발암성 입증자료가 있으나 사람에게서는 발암성이 입증되지 않은 물질</td></tr> <tr> <td>그룹2B</td><td>사람에게 암을 일으키는 가능성이 있는 물질</td></tr> <tr> <td>그룹3</td><td>사람에게 암을 일으키는 것이 분류가 되지 않은 물질</td></tr> <tr> <td>그룹4</td><td>사람에게 암을 일으키지 않는 물질</td></tr> </table>	그룹1	확실히 사람에게 암을 일으키는 물질	그룹2A	동물에게서는 발암성 입증자료가 있으나 사람에게서는 발암성이 입증되지 않은 물질	그룹2B	사람에게 암을 일으키는 가능성이 있는 물질	그룹3	사람에게 암을 일으키는 것이 분류가 되지 않은 물질	그룹4	사람에게 암을 일으키지 않는 물질
그룹1	확실히 사람에게 암을 일으키는 물질										
그룹2A	동물에게서는 발암성 입증자료가 있으나 사람에게서는 발암성이 입증되지 않은 물질										
그룹2B	사람에게 암을 일으키는 가능성이 있는 물질										
그룹3	사람에게 암을 일으키는 것이 분류가 되지 않은 물질										
그룹4	사람에게 암을 일으키지 않는 물질										
간세포암	간암 중 일차성 간암으로 그 중 간세포에서 유래하는 암 이를 주로 간암이라고 함										
사출	플라스틱을 금형에 고압으로 밀어 넣어 원하는 모양으로 만드는 방식										
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준										
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동										

급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

2) 유기주석

용어	설명
흙	고체물질의 증기가 응고되거나 또는 기체물질의 화학반응으로 생긴 공기 중에 부유하는 고체입자 즉, 좋지 않은 냄새가 나는 연기로 미스트(미립자가 액체일 경우)와 비슷함
중추신경계	신경계는 크게 중추신경계와 말초신경계로 나뉘는데, 몸의 중심에 위치한 두개골 속 뇌와 척추 속 척수를 말함 (cf. 말초신경계는 몸의 끝부분에 주로 존재하여 뇌와 척수를 제외한 모든 신경을 말함)
폐울혈	폐 조직에 피가 모여 고인 상태 호흡이 곤란해지고 기침이 심하여 작은 핏덩이가 섞인 짙은 가래가 나옴
작열감	타는 듯한 느낌의 통증 혹은 화끈거림
지남력 상실	현재 자신이 놓여있는 상황을 올바르게 인식하지 못함 즉, 의식, 사고력, 판단력, 기억력, 주의력 등에 문제가 생겨 내가 누군지, 여기가 어딘지, 지금 몇 시인지 알지 못함
이명	귀울림이라고도 하며, 외부에서의 소리 자극 없이 귓속 또는 머릿속에서 소리가 들린다고 느끼는 상태

3) 메틸프로마이드

용어	설명
독성뇌병증	어지러움, 두통, 구토, 시야가 흐릿해짐, 손 떨림, 손과 발이 저림, 경련 등의 증상이 나타남
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
표재성 화상	표피가 괴사하고 상부 진피까지만 손상된 2도 화상으로 피부가 붉게 부어오르고 물집이 생기며 통증이 있음

4) 일산화탄소

용어	설명
뇌부종	뇌 실질 내 수분 함량이 비정상적으로 증가해 뇌조직의 크기가 증가한 상태
해마	뇌의 깊은 양 옆쪽에 왼쪽, 오른쪽 하나씩 있으며 해마가 괴사되면 학습과 새로운 기억을 받아들일 수 없게 됨
기저핵 병변	원하는 대로 몸을 움직일 수 없게 되고 손가락 등이 떨리는 파킨슨병 등과 관련이 있음

직업성 질병 예방을 위한 납이나 그 화합물(Lead and its compounds) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

2. 납이나 그 화합물(유기납은 제외한다)에 노출되어 발생한 납 창백(蒼白), 복부 산통(産痛), 관절통 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 납을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 납이나 그 화합물은 제2호 ‘납이나 그 화합물(유기납은 제외한다)에 노출되어 발생한 납 창백(蒼白), 복부 산통(産痛), 관절통 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	내용	
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		특별관리물질	-
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 0.05 mg/m ³
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 0.05 mg/m ³
	화학물질관리법	유독물질	납과 그 화합물 및 이를 0.3% 이상 함유한 혼합물
		제한물질	납 및 이를 0.009% 초과 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	위험물(제2류 가연성고체 금속분)	지정수량 500kg
	폐기물관리법	지정폐기물	용출액 1리터당 3밀리그램 이상의 납을 함유한 경우
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.05 mg/m ³
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 0.05 mg/m ³ , IDLH 100 mg/m ³
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 0.05 mg/m ³
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.05 mg/m ³

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?

○ 대표적인 납 및 그 화합물의 CAS No.⁶⁵⁾은 금속 납 7439-92-1, 산화 납 1317-36-8, 스테아린산 납 1072-35-1, 질산 납 10099-74-8, 염화 납 7758-95-4, 인산 납 7446-27-7, 황산 납 7446-14-2, 황화 납 1314-87-0 등이 있습니다.

○ 대표적인 납 및 그 화합물의 화학식은 금속 납 Pb, 산화 납 PbO, 스테아린산 납 $(C_{18}H_{35}O_2)_2P$, 질산 납 PbN_2O_6 , 염화 납 $PbCl_2$, 인산 납 $Pb_3(PO_4)_2$, 황산 납 $PbSO_4$, 황화 납 PbS 등이 있습니다.

○ 금속 납은 연성이 있으나 강도는 약하고 저온에서 상당히 수축됩니다. 희석된 산에는 거의 녹지 않으나 질산, 초산 및 가열된 진한 황산에는 녹습니다.

○ 납 합금은 납-주석 형태가 가장 일반적입니다. 녹는점 및 끓는점은 금속 납보다는 낮지만 납 화합물보다는 높으며 일반적으로 물은 물론 산에 대해서도 잘 녹지 않습니다.

○ 납 화합물에서 납은 2가와 4가 상태로 존재하며 2가 상태가 일반적이는데 이때 초산 및 질산 화합물은 찬물에 쉽게 용해됩니다.

○ 금속 납은 파란-회색의 고체, 산화 납은 빨간-노란색의 가루, 스테아린산 납은 흰색의 가루, 질산 납은 흰색의 고체입니다.

65) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

2. 주로 어디에서 사용할까요?

○ 주로 1차 납 원료 제조 산업과 2차 납 제련 공정(그림 34⁶⁶⁾), 고철을 녹여 철강을 생산하는 작업, 폐 납 축전지 재활용 작업(그림 35⁶⁷⁾) 등에서 납이 노출됩니다.

그림 34. 납 제련작업 흐름도



납 광석 투입작업으로, 납 성분 등이 함유된 광석을 용해로에 투입함



원료 용해작업으로, 납 광석 등의 원료를 1,250℃ 정도의 고온에서 가열하여 용해함



주조작업으로, 용융된 납 용탕을 주조기에 넣어 납괴를 주조함

그림 35. 폐 납 축전지 재활용 작업 흐름도



폐 축전지가 파쇄 됨



용탕을 제조하기 위해 용해로에 납 분말 투입



납 분말을 용해함



용융된 용탕 상부 슬래그를 걷어냄



용탕을 주조기에 넣음

66) 출처: 한국산업안전보건공단, 화학물질 유통·사용 실태조사 결과보고서 ‘납(Lead)’,

3. 왜 위험한가요?(그림 36)

○ 납 및 그 화합물은 태반을 쉽게 통과하여 태아의 혈중 납 농도가 납에 노출된 임산부 근로자의 농도와 거의 같습니다.

○ 짧은 시간에 다량의 납(고농도)을 코로 들이마시면 쥐어짜는 듯한 복통, 오심⁶⁸⁾, 구토, 변비가 발생하고 빈혈을 유발하여 어지러움, 두근거림이 발생할 수 있습니다. 또한 중추신경계에 작용하여 두통, 과민함, 근육 진전⁶⁹⁾, 기억 저하, 불안정한 보행이 발생할 수 있고 정신 및 신경 장애가 후유증으로 남을 수 있습니다.

○ 대부분 납 및 그 화합물은 공기 중의 분진이나 증기 상태로 코로 들이마시거나 입으로 먹는 등으로 몸속으로 들어옵니다. 피부에 닿아서도 흡수되긴 하지만 근로자에게 가장 노출될 가능성이 높은 경로는 코로 들이마셔 폐로 흡수되는 경우입니다.

○ 납 및 그 화합물의 입자가 2.5 μ m보다 작은 경우 섬모에 의해 몸 밖으로 배출되지 않고 폐의 폐포에 도달하여 축적됩니다.

○ 납 및 그 화합물은 적혈구와 친화성이 매우 커 몸속으로 들어온 납의 95% 이상은 적혈구와 결합합니다. 이중 대부분은 적혈구 세포막에 결합되어 있으며 안정된 상태에서는 약 90%가 뼈에 축적되어 있습니다.

2008

67) 출처: 한국산업안전보건공단, 화학물질 유통·사용 실태조사 결과보고서 ‘납(Lead)’,

2008

68) 가슴 속이 불쾌하고 울렁거리며 구역질이 나면서도 토하지 못하고 신물이 올라오는 증상

69) 신체 한 부분이나 사지가 의도치 않고 제어할 수 없는 떨림

그림 36. 납 및 그 화합물 위험표지

금속 납   생식세포변이원성/ 발암성/생식독성/ 특정표적장기독성 수생환경유해성	산화 납  생식세포변이원성/ 발암성/생식독성/ 특정표적장기독성	스테아린산 납  발암성/생식독성
질산 납     산화성 고체 눈 손상성 생식세포변이원성/ 발암성/생식독성/ 특정표적장기독성 수생환경유해성		
염화 납   급성독성(경구) 발암성/생식독성	인산 납   발암성/생식독성/ 특정표적장기독성 수생환경유해성	
황산 납    피부 부식성/ 눈 손상성 발암성/생식독성/ 특정표적장기독성 수생환경유해성	황화 납   발암성 수생환경유해성	

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	폐조선강판, 강관파일, H빔 등의 고철을 크게 산소절단하여 소재를 필요에 맞게 근로자가 직접 크기를 절단함. 이후 가열로에서 절단한 소재를 가열하고 이후 압연하여 철근을 성형한 후 커팅기를 이용하여 절단함. 마지막으로 냉각 후 생산된 철근을 포장하는 작업을 수행하였음	급성중독 2명
2	국외	소아 납 중독 방지 프로그램에서 가정에서 납이 노출되지 않는 6명의 소아에게 증가한 납 농도를 발견하여, 조사 결과 납 노출 고위험군 직종 근로자의 가족이었고 소아가 앉는 소아 안전 좌석에서 기준치보다 높은 납 노출 농도를 확인함	-

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 납 및 그 화합물을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상체적 및 세안설비를 마련하세요.

○ 작업 중 납 및 그 화합물이 발생 및 비산하여 부유하는 납 분진 등이 작업시간 동안 작업 공간 내에 위치하고 있는 근로자 작업복에 쉽게 달라붙습니다. 따라서 납 작업을 하는 근로자는 납이 달라붙은 작업복을 벗고 샤워실에서 샤워를 한 후 탈의실에서 납에 작업환경에 전혀 노출되지 않은 옷으로 갈아입을 수 있어야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ TWA 0.05 mg/m³을 초과하는 등 납 및 그 화합물의 급성중독 증상이 나타나거나 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 이후 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 납 및 그 화합물의 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 납 및 그 화합물 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다. 독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 1차 납 원료 제조 산업과 2차 납 제련 공정, 고철을 녹여 철강을 생산하는 작업 시 발생하는 납 증기와 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

○ 체내 철분이 부족할수록 납 노출로 인한 독성이 악화되고 결국 빈혈이 되기도 합니다. 납 취급 근로자의 철분 섭취에 각별히 신경 써야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다. 이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 12).

표 12. 납이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	반면형 방진마스크 	• 납이나 그 화합물로부터 호흡기를 보호하기 위해 반면형 방진마스크 착용 • 납 가스로부터 중독 방지를 위함 • 호흡기로 흡입되는 것을 예방하기 위해 반면형 마스크를 착용해야 함
	송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 작업습관은,

- 납 및 그 화합물은 섭취로도 중독될 수 있으므로 납을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
오심	가슴 속이 불편하고 울렁거리며 구역질이 나면서도 토하지 못하고 신물이 올라오는 증상
근육 진전	신체 한 부분이나 사지가 의도치 않고 제어할 수 없는 떨림
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 납이나 그 화합물(Lead and its compounds) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

2. 납이나 그 화합물(유기납은 제외한다)에 노출되어 발생한 납 창백(蒼白), 복부 산통(産痛), 관절통 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 납을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 납 및 그 화합물은 제2호 ‘납이나 그 화합물(유기납은 제외한다)에 노출되어 발생한 납 창백(蒼白), 복부 산통(産痛), 관절통 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?

○ 대표적인 납 및 그 화합물의 CAS No.⁷⁰⁾은 금속 납 7439-92-1, 산화 납 1317-36-8, 스테아린산 납 1072-35-1, 질산 납 10099-74-8, 염화 납 7758-95-4, 인산 납 7446-27-7, 황산 납 7446-14-2, 황화 납 1314-87-0 등이 있습니다.

○ 대표적인 납 및 그 화합물의 화학식은 금속 납 Pb, 산화 납 PbO, 스테아린산 납 $(C_{18}H_{35}O_2)_2P$, 질산 납 PbN_2O_6 , 염화 납 $PbCl_2$, 인산 납 $Pb_3(PO_4)_2$, 황산 납 $PbSO_4$, 황화 납 PbS 등이 있습니다.

○ 금속 납은 연성이 있으나 강도는 약하고 저온에서 상당히 수축됩니다. 희석된 산에는 거의 녹지 않으나 질산, 초산 및 가열된 진한 황산에는 녹습니다.

○ 납 합금은 납-주석 형태가 가장 일반적입니다. 녹는점 및 끓는점은 금속 납보다는 낮지만 납 화합물보다는 높으며 일반적으로 물은 물론 산에 대해서도 잘 녹지 않습니다.

○ 납 화합물에서 납은 2가와 4가 상태로 존재하며 2가 상태가 일반적이는데 이때 초산 및 질산 화합물은 찬물에 쉽게 용해됩니다.

○ 금속 납은 파란-회색의 고체, 산화 납은 빨간-노란색의 가루, 스테아린산 납은 흰색의 가루, 질산 납은 흰색의 고체입니다.

70) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

2. 주로 어디에서 사용할까요?

○ 주로 1차 납 원료 제조 산업과 2차 납 제련 공정(그림 37¹⁾), 고철을 녹여 철강을 생산하는 작업, 폐 납 축전지 재활용 작업(그림 38²⁾) 등에서 납이 노출됩니다.

그림 37. 납 제련작업 흐름도



납 광석 투입작업으로, 납 성분 등이 함유된 광석을 용해로에 투입함



원료 용해작업으로, 납 광석 등의 원료를 1,250℃ 정도의 고온에서 가열하여 용해함



주조작업으로, 용융된 납 용탕을 주조기에 넣어 납괴를 주조함

그림 38. 폐 납 축전지 재활용 작업 흐름도



폐 축전지가 파쇄 됨



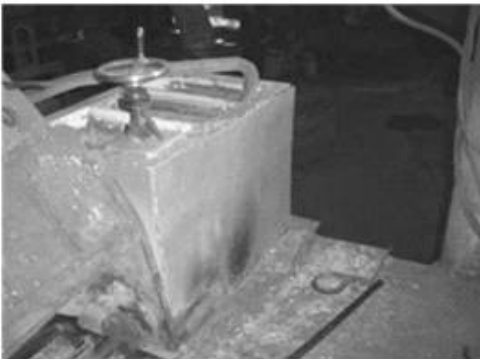
용탕을 제조하기 위해 용해로에 납 분말 투입



납 분말을 용해함



용융된 용탕 상부 슬래그를 걷어냄



용탕을 주조기에 넣음

71) 출처: 한국산업안전보건공단, 화학물질 유통·사용 실태조사 결과보고서 '납(Lead)',

3. 왜 위험한가요?(그림 39)

○ 납 및 그 화합물은 태반을 쉽게 통과하여 태아의 혈중 납 농도가 납에 노출된 임산부 근로자의 농도와 거의 같습니다.

○ 짧은 시간에 다량의 납(고농도)을 코로 들이마시면 쥐어짜는 듯한 복통, 오심⁷³⁾, 구토, 변비가 발생하고 빈혈을 유발하여 어지러움, 두근거림이 발생할 수 있습니다. 또한 중추신경계에 작용하여 두통, 과민함, 근육 진전⁷⁴⁾, 기억 저하, 불안정한 보행이 발생할 수 있고 정신 및 신경 장애가 후유증으로 남을 수 있습니다.

○ 대부분 납 및 그 화합물은 공기 중의 분진이나 증기 상태로 코로 들이마시거나 입으로 먹는 등으로 몸속으로 들어옵니다. 피부에 닿아서도 흡수되긴 하지만 근로자에게 가장 노출될 가능성이 높은 경로는 코로 들이마셔 폐로 흡수되는 경우입니다.

○ 납 및 그 화합물의 입자가 2.5 μ m보다 작은 경우 섬모에 의해 몸 밖으로 배출되지 않고 폐의 폐포에 도달하여 축적됩니다.

○ 납 및 그 화합물은 적혈구와 친화성이 매우 커 몸속으로 들어온 납의 95% 이상은 적혈구와 결합합니다. 이중 대부분은 적혈구 세포막에 결합되어 있으며 안정된 상태에서는 약 90%가 뼈에 축적되어 있습니다.

2008

72) 출처: 한국산업안전보건공단, 화학물질 유통·사용 실태조사 결과보고서 ‘납(Lead)’,

2008

73) 가슴 속이 불편하고 울렁거리며 구역질이 나면서도 토하지 못하고 신물이 올라오는 증상

74) 신체 한 부분이나 사지가 의도치 않고 제어할 수 없는 떨림

그림 39. 납이나 그 화합물 위험표지

금속 납		산화 납		스테아린산 납	
생식세포변이원성/ 발암성/생식독성/ 특정표적장기독성	수생환경유해성	생식세포변이원성/ 발암성/생식독성/ 특정표적장기독성		발암성/생식독성	
질산 납					
산화성 고체	눈 손상성	생식세포변이원성/ 발암성/생식독성/ 특정표적장기독성	수생환경유해성		
염화 납		인산 납			
급성독성(경구)	발암성/생식독성	발암성/생식독성/ 특정표적장기독성	수생환경유해성		
황산 납			황화 납		
피부 부식성/ 눈 손상성	발암성/생식독성/ 특정표적장기독성	수생환경유해성	발암성	수생환경유해성	

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	폐조선강판, 강관파일, H빔 등의 고철을 크게 산소절단하여 소재를 필요에 맞게 근로자가 직접 크기를 절단함. 이후 가열로에서 절단한 소재를 가열하고 이후 압연하여 철근을 성형한 후 커팅기를 이용하여 절단함. 마지막으로 냉각 후 생산된 철근을 포장하는 작업을 수행하였음	급성중독 2명
2	국외	소아 납 중독 방지 프로그램에서 가정에서 납이 노출되지 않는 6명의 소아에게 증가한 납 농도를 발견하여, 조사 결과 납 노출 고위험군 직종 근로자의 가족이었고 소아가 앉는 소아 안전 좌석에서 기준치보다 높은 납 노출 농도를 확인함	-

제3장. 재해예방 조치사항

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
 이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 13).

표 13. 납이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	반면형 방진마스크 	• 납이나 그 화합물로부터 호흡기를 보호하기 위해 반면형 방진마스크 착용 • 납 가스로부터 중독 방지를 위함 • 호흡기로 흡입되는 것을 예방하기 위해 반면형 마스크를 착용해야 함
	송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

○ 작업습관은,

- 납 및 그 화합물은 섭취로도 중독될 수 있으므로 납을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
오심	가슴 속이 불편하고 울렁거리며 구역질이 나면서도 토하지 못하고 신물이 올라오는 증상
근육 진전	신체 한 부분이나 사지가 의도치 않고 제어할 수 없는 떨림
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 수은이나 그 화합물(Mercury and its compounds) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

3. 수은이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 수은이나 그 화합물을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 수은이나 그 화합물은 제2호 ‘수은이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	내용	
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		특별관리물질	-
		노출기준설정물질	노출기준 아릴화합물 TWA 0.1 mg/m ³ , 무기형태 TWA 0.025 mg/m ³ , 알킬화합물 TWA 0.01 mg/m ³ , STEL 0.03 mg/m ³
		허용기준설정물질	허용기준 수은 및 그 무기화합물 TWA 0.025 mg/m ³
	화학물질관리법	유독물질	수은 또는 그 화합물과 수은화합물을 1% 이상 함유한 혼합물
국외	폐기물관리법	지정폐기물	수은폐기물(수은함유폐기물, 수은구성폐기물, 수은함유폐기물 처리잔재물)
	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 건설업, 해양업의 경우 TWA 0.1 mg/m ³ , 일반 산업의 경우 C 0.1 mg/m ³
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 0.05 mg/m ³ , C 0.1 mg/m ³ , IDLH 10 mg/m ³
	ACGIH(산업위생전문가협의회)		허용한계값 TWA 0.025 mg/m ³
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.025 mg/m ³ , C 0.1 mg/m ³

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?

○ 수은이나 그 화합물의 CAS No.⁷⁵⁾은 다이메틸수은 593-74-8, 다이에틸수은 627-44-1, 수은금속 7439-97-6, 염화수은 7439-94-7 등이 있습니다.

○ 수은이나 그 화합물의 화학식은 다이메틸수은 C_2H_6Hg , 다이에틸수은 C_2H_6Hg , 수은금속 Hg , 염화수은 $HgCl_2$ 등이 있습니다.

○ 수은은 물처럼 흐르는 은이라는 뜻을 가지고 있습니다.

○ 은백색을 띠는 실온에서 액체인 유일한 금속입니다. 금속임에도 상온에서 액체처럼 흘러 고대로부터 신비한 물질로 보았으며 불로불사의 상징이기도 했습니다.

○ 표면장력이 아주 크고 쏟아지면 작은 방울들로 쉽게 나뉘지는 특징이 있습니다. 상온에서 액체인 물질 중에서는 가장 밀도가 높습니다.

○ 다른 금속과 반응성이 높아 활용도가 높습니다.

2. 주로 어디에서 사용할까요?

○ 형광등 및 온도계 제조업체, 폐형광등 철거업체(그림 40⁷⁶⁾) 등에서 액체 수은이 직접 노출되거나 고온으로 인해 발생하는 수은 증기를 코로 흡입하여 노출될 수 있습니다.

75) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

76) 출처: 한국산업안전보건공단, 직업건강 가이드라인 '수은 취급근로자'

그림 40. 폐형광등 철거작업 환경



철거 직전 형광등 생산시설 모습



폐형광등에서 수은이 흘러나옴

3. 왜 위험한가요?(그림 41)

○ 유기수은은 주로 입으로 삼켜 체내로 노출되거나 피부로도 흡수되는 것도 가능합니다. 체내로 흡수된 유기수은은 무기수은으로 변환되어 무기 수은과 동일한 과정으로 조직 손상을 유발합니다.

○ 짧은 시간에 다량의(고농도) 유기수은에 노출되는 경우 신경계에 작용하여 전신에 힘이 빠짐, 감각 이상, 기억력 저하, 언어 기능 저하, 보행 기능 저하가 발생할 수 있습니다. 또한 소화기계에 작용하여 상복부 통증, 설사가 발생할 수 있고 호흡기계에 영향을 미쳐 호흡곤란, 기침, 가슴 통증이 발생할 수 있습니다.

○ 수은은 1956년 일본의 구마모토현 미나마타시에서 인근 화학공장에서 방류한 메틸수은에 오염된 조개 및 어류를 먹은 주민들에게서 집단적으로 수은중독 증상이 발생하면서 사회적으로 큰 문제로 대두된 적이 있습니다. 이는 체내로 들어온 수은이 배출되지 않고 남아 신경세포를 마비시켜 팔다리의 마비, 떨림, 나른해짐, 귀가 잘 안 들림, 시야가 좁아짐, 말을 제대로 하지 못함 등의 증세가 나타나는 치명적인 중독이었습니다. 뇌나 태아 몸에도 축적

됩니다.

○ 무기수은은 주로 호흡기를 통한 흡입으로 노출됩니다. 코로 들이마셔 폐로 들어오고 체내로 흡수된 무기수은은 산화되어 자유산소를 생성하고 조직 손상을 유발할 수 있습니다. 원소성 수은 또한 무기수은과 동일하게 호흡기를 통해 흡입됩니다.

○ 짧은 시간에 다량의(고농도) 원소 수은 및 무기수은을 코로 들이마시면 기침, 흉통, 호흡곤란, 흉부 작열감 등이 발생할 수 있습니다. 또한 소화기계에 작용하여 오심⁷⁷⁾, 구토, 설사, 복통이 생기고 삼킴장애와 침 분비 증가를 동반한 구내염이 발생할 수 있습니다. 심혈관계에 작용하여 심박동 상승에 의한 두근거림이 발생할 수 있고 금속열⁷⁸⁾이 발생하여 발열, 피로감이 나타날 수 있습니다. 마지막으로 신장에 영향을 미쳐 부종, 소변량의 감소가 나타날 수 있고 피부 가려움증, 박리, 땀 분비 증가가 발생할 수 있습니다.

77) 가슴 속이 불편하고 울렁거리며 구역질이 나면서도 토하지 못하고 신물이 올라오는 증상

78) 노출 직후 바로 나타나는 것이 아니라 약 8~12시간 이후에 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴짐의 증상

그림 41. 수은이나 그 화합물 위험표지

다이메틸수은



인화성 액체



급성독성
(경구, 경피, 흡입)



발암성/
특정표적장기독성



수생환경유해성

다이에틸수은



인화성 액체



급성독성
(경구, 흡입)



생식독성/
특정표적장기독성



수생환경유해성

무기수은



급성독성
(흡입)



생식세포변이원성
/생식독성/
특정표적장기독성



수생환경유해성

염화수은



피부 부식성



급성독성
(경구, 경피)



생식세포변이원성
/생식독성/
특정표적장기독성



수생환경유해성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	2015년 3~4월 광주 소재 형광등 생산업체의 생산시설 철거공사에서 공사에 참여했던 하청업체 노동자 약 20명이 수은에 중독되어 철거 3일째부터 손발 저림, 구토, 피부 발진, 입안 염증, 식욕부진, 식은 땀, 한기 등의 증상이 나타났고 이후 중금속 중독 여부 검사를 받고 수은 중독 판정을 받음 당시 철거작업을 발주한 원청사는 하청 도급 사업체의 철거작업 근로자들에게 수은 취급시설임을 알리지 않았으며 보호구 착용 지시를 받지 않아 미착용 상태였던 것이 재해의 원인이었음	중독 20명
2	국내	중공업 협력업체에 입사한 지 얼마 되지 않아 작업이 익숙하지 않은 상황에서 족장작업으로 족장의 설치와 해체작업의 보조로 참여하였고, 주로 보조 도구 기자재의 운반 작업을 담당하였음. 작업에 사용된 등에는 깨진 수은등이 있었으며 이를 13일간 작업하였으나 7일 후부터 눈의 이상을 호소했고 구토, 호흡이상, 기억감소 등의 증상이 나타나 16일 후 병원에 내원해 혈중 수은 농도를 검사한 바 $24.93\mu\text{g/l}$ 로 높게 나타나 직업성 질환으로 요양신청함수은의 직접적인 노출은 없었을 것으로 판단되나, 밑바닥에 깔려진 액체 수은으로부터 증기 상태나 흠 상태로 된 수은에 노출되었을 것으로 추정함	중독 1명

4	국내	온도계 제조공장에서 온도계에 수은을 집어넣는 작업을 약 2달간 수행한 15세 남성이 불면증, 두통, 식욕감퇴, 허리 및 다리 통증, 정신 이상 등의 증세를 겪었고 약 한달 뒤 전신발작을 일으킴. 혈액과 모발 검사 결과 기준치를 넘는 수은과 구리가 검출되었고 소변에서는 297.6 μ g/l의 수은이 검출됨. 결과적으로 수은 중독 및 유기용제(신나) 중독 진단을 받고 약 7개월 후 사망함	사망 1명
5	국내	12세 남아가 가내에 금속세공업에 운영하는 조그만 공장이 있어 주위에 아무도 없는 사이 세공약품을 마셔 3시간 후 응급실에 내원하였고 수은중독으로 급성신부전증이 나타나 복막투석을 하고 회복함	중독 1명
6	국외	금 채굴업으로 금 제련업무 중 컴퓨터 메모리칩 가열로 수은 노출	부상 1명

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 수은이나 그 화합물을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상체적 및 세안설비를 마련하세요.

○ 수은이나 그 화합물을 다루는 작업을 하는 근로자는 수은이 묻어있을 수 있는 작업복을 벗고 샤워실에서 샤워를 한 후 탈의실에서 수은에 전혀 노출되지 않은 환경에서 옷으로 갈아입을 수 있어야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ 아릴화합물의 경우 TWA 0.1 mg/m³, 무기형태의 경우 TWA 0.025 mg/m³, 알킬화합물의 경우 TWA 0.01 mg/m³, STEL 0.03 mg/m³을 초과하는 등 수은 급성중독 증상이 나타나거나 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 이후 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받아야 합니다.

○ 수은이나 그 화합물은 황을 만나면 베타-황화수은으로 만들 수 있기 때

문에 수은 온도계를 떨어뜨리는 등으로 깨뜨려 수은이 노출되었다면 주변에 황을 뿌리고 창문으로 모두 열어 환기시키는 긴급 조치를 할 수 있습니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 수은이나 그 화합물의 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 수은이나 그 화합물 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 수은이나 그 화합물 노출 위험 예방의 종합적 관리의 주체는 수급업체가 아닌 도급업체입니다.

- 형광등 및 온도계 제조, 폐형광등 철거작업에 사용하는 화학물질과 관련된 자료를 모두 확보하고 필요한 개인보호구의 점검과 그 착용 및 사용에 관한 교육·지도를 하여야 합니다.

- 도급업체가 주체가 되어 작업의 시작부터 끝까지 관리감독을 하여야 합니다.

○ 안전보건관리체계를 구축해야 합니다.

- 형광등 및 온도계 제조, 폐형광등 철거업체 작업의 경우 수은 및 수은 증기 노출로 중대재해가 발생할 수 있어 근로자의 안전보건상 유해·위험 방지를 위한 조치가 요구됩니다.

- 안전보건관리체계를 제대로 구축하지 않거나 이행하지 않아 중대재해에 이르게 한 경영자는 1년 이상의 징역 또는 10억원 이하의 벌금에 처합니다.

- 작업 시 어떤 위험이 있는지 파악하십시오.

2. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.

이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 14).

표 14. 수은이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명																				
마스크	방독마스크 	- 고온에 수은이나 그 화합물 증기가 발생하는 경우 수은 증기로부터 호흡기를 보호하고 접액을 막기 위해 전면형 착용 - 수은이나 그 화합물 증기 독성으로부터 호흡기 보호 및 중독방지를 위함 - 호흡기, 피부보호를 위해 전면형 방독마스크 이상을 착용해야 함																				
	송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함																				
보호복	화학물질용 보호복 	- 수은이나 그 화합물이 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	- 수은이나 그 화합물이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 - 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	수은이나 그 화합물 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 작업습관은,

- 수은이나 그 화합물은 섭취로도 중독될 수 있으므로 밥을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

○ 수은 스피ل 키트를 사용하여 수은을 사용하는 장비가 깨지거나 파손되어 수은이 쏟아지거나 유출되었을 때 안전하게 처리합니다(그림 42⁷⁹⁾).

그림 42. 수은키트를 이용한 쏟아진 수은 제거 절차



79) 출처: 한국산업안전보건공단, 직업건강 가이드라인 '수은 취급근로자'

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
오심	가슴 속이 불편하고 울렁거리며 구역질이 나면서도 토하지 못하고 신물이 올라오는 증상
금속열	노출 직후 바로 나타나는 것이 아니라 약 8~12시간 이후에 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴짐의 증상
단백뇨	소변에 단백질이 섞여나오는 것
핍뇨	소변의 양이 생리적으로 감소할 수 있는 범위를 넘어서 현저하게 감소된 경우
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 수은이나 그 화합물(Mercury and its compounds) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

3. 수은이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 수은이나 그 화합물을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 수은이나 그 화합물은 제2호 ‘수은이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?

○ 수은이나 그 화합물의 CAS No.⁸⁰⁾은 다이메틸수은 593-74-8, 다이에틸수은 627-44-1, 수은금속 7439-97-6, 염화수은 7439-94-7 등이 있습니다.

○ 수은이나 그 화합물의 화학식은 다이메틸수은 C_2H_6Hg , 다이에틸수은 C_2H_6Hg , 수은금속 Hg , 염화수은 $HgCl_2$ 등이 있습니다.

○ 수은은 물처럼 흐르는 은이라는 뜻을 가지고 있습니다.

○ 은백색을 띠는 실온에서 액체인 유일한 금속입니다. 금속임에도 상온에서 액체처럼 흘러 고대로부터 신비한 물질로 보았으며 불로불사의 상징이기도 했습니다.

○ 표면장력이 아주 크고 쏟아지면 작은 방울들로 쉽게 나뉘지는 특징이 있습니다. 상온에서 액체인 물질 중에서는 가장 밀도가 높습니다.

○ 다른 금속과 반응성이 높아 활용도가 높습니다.

2. 주로 어디에서 사용할까요?

○ 형광등 및 온도계 제조업체, 폐형광등 철거업체(그림 4381) 등에서 액체 수은이 직접 노출되거나 고온으로 인해 발생하는 수은 증기를 코로 흡입하여 노출될 수 있습니다.

80) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

81) 출처: 한국산업안전보건공단, 직업건강 가이드라인 '수은 취급근로자'

그림 43. 폐형광등 철거작업 환경



철거 직전 형광등 생산시설 모습



폐형광등에서 수은이 흘러나옴

3. 왜 위험한가요?(그림 44)

○ 유기수은은 주로 입으로 삼켜 체내로 노출되나 피부로도 흡수되는 것도 가능합니다. 체내로 흡수된 유기수은은 무기수은으로 변환되어 무기 수은과 동일한 과정으로 조직 손상을 유발합니다.

○ 짧은 시간에 다량의(고농도) 유기수은에 노출되는 경우 신경계에 작용하여 전신에 힘이 빠짐, 감각 이상, 기억력 저하, 언어 기능 저하, 보행 기능 저하가 발생할 수 있습니다. 또한 소화기계에도 작용하여 상복부 통증, 설사가 발생할 수 있고 호흡기계에도 영향을 미쳐 호흡곤란, 기침, 가슴 통증이 발생할 수 있습니다.

○ 수은은 1956년 일본의 구마모토현 미나마타시에서 인근 화학공장에서 방류한 메틸수은에 오염된 조개 및 어류를 먹은 주민들에게서 집단적으로 수은중독 증상이 발생하면서 사회적으로 큰 문제로 대두된 적이 있습니다.

이는 체내로 들어온 수은이 배출되지 않고 남아 신경세포를 마비시켜 팔다리의 마비, 떨림, 나른해짐, 귀가 잘 안 들림, 시야가 좁아짐, 말을 제대로 하지 못함 등의 증세가 나타나는 치명적인 중독이었습니다. 뇌나 태아 몸에도 축적

됩니다.

○ 무기수은은 주로 호흡기를 통한 흡입으로 노출됩니다. 코로 들이마셔 폐로 들어오고 체내로 흡수된 무기수은은 산화되어 자유산소를 생성하고 조직 손상을 유발할 수 있습니다. 원소성 수은 또한 무기수은과 동일하게 호흡기를 통해 흡입됩니다.

○ 짧은 시간에 다량의(고농도) 원소 수은 및 무기수은을 코로 들이마시면 기침, 흉통, 호흡곤란, 흉부 작열감 등이 발생할 수 있습니다. 또한 소화기계에 작용하여 오심⁸²⁾, 구토, 설사, 복통이 생기고 삼킴장애와 침 분비 증가를 동반한 구내염이 발생할 수 있습니다. 심혈관계에 작용하여 심박동 상승에 의한 두근거림이 발생할 수 있고 금속열⁸³⁾이 발생하여 발열, 피로감이 나타날 수 있습니다. 마지막으로 신장에 영향을 미쳐 부종, 소변량의 감소가 나타날 수 있고 피부 가려움증, 박리, 땀 분비 증가가 발생할 수 있습니다.

82) 가슴 속이 불편하고 울렁거리며 구역질이 나면서도 토하지 못하고 신물이 올라오는 증상

83) 노출 직후 바로 나타나는 것이 아니라 약 8~12시간 이후에 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴짐의 증상

그림 44. 수은이나 그 화합물 위험표지

다이메틸수은



인화성 액체



급성독성
(경구, 경피, 흡입)



발암성/
특정표적장기독성



수생환경유해성

다이에틸수은



인화성 액체



급성독성
(경구, 흡입)



생식독성/
특정표적장기독성



수생환경유해성

무기수은



급성독성
(흡입)



생식세포변이원성
/생식독성/
특정표적장기독성



수생환경유해성

염화수은



피부 부식성



급성독성
(경구, 경피)



생식세포변이원성
/생식독성/
특정표적장기독성



수생환경유해성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	2015년 3~4월 광주 소재 형광등 생산업체의 생산시설 철거공사에서 공사에 참여했던 하청업체 노동자 약 20명이 수은에 중독되어 철거 3일째부터 손발 저림, 구토, 피부 발진, 입안 염증, 식욕부진, 식은 땀, 한기 등의 증상이 나타났고 이후 중금속 중독 여부 검사를 받고 수은 중독 판정을 받음 당시 철거작업을 발주한 원청사는 하청 도급 사업체의 철거작업 근로자들에게 수은 취급시설임을 알리지 않았으며 보호구 착용 지시를 받지 않아 미착용 상태였던 것이 재해의 원인이었음	중독 20명
2	국내	중공업 협력업체에 입사한 지 얼마 되지 않아 작업이 익숙하지 않은 상황에서 족장작업으로 족장의 설치와 해체작업의 보조로 참여하였고, 주로 보조 도구 기자재의 운반 작업을 담당하였음. 작업에 사용된 등에는 깨진 수은등이 있었으며 이를 13일간 작업하였으나 7일 후부터 눈의 이상을 호소했고 구토, 호흡이상, 기억감소 등의 증상이 나타나 16일 후 병원에 내원해 혈중 수은 농도를 검사한 바 $24.93\mu\text{g/l}$ 로 높게 나타나 직업성 질환으로 요양신청함수은의 직접적인 노출은 없었을 것으로 판단되나, 밑바닥에 깔려진 액체 수은으로부터 증기 상태나 흙 상태로 된 수은에 노출되었을 것으로 추정함	중독 1명

4	국내	온도계 제조공장에서 온도계에 수은을 집어넣는 작업을 약 2달간 수행한 15세 남성이 불면증, 두통, 식욕감퇴, 허리 및 다리 통증, 정신 이상 등의 증세를 겪었고 약 한달 뒤 전신발작을 일으킴. 혈액과 모발 검사 결과 기준치를 넘는 수은과 구리가 검출되었고 소변에서는 297.6 μ g/l의 수은이 검출됨. 결과적으로 수은 중독 및 유기용제(신나) 중독 진단을 받고 약 7개월 후 사망함	사망 1명
5	국내	12세 남아가 가내에 금속세공업에 운영하는 조그만 공장이 있어 주위에 아무도 없는 사이 세공약품을 마셔 3시간 후 응급실에 내원하였고 수은중독으로 급성신부전증이 나타나 복막투석을 하고 회복함	중독 1명
6	국외	금 채굴업으로 금 제련업무 중 컴퓨터 메모리칩 가열로 수은 노출	부상 1명

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 15).

표 15. 수은이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	방독마스크 	- 고온에 수은 증기가 발생하는 경우 수은이나 그 화합물 증기로부터 호흡기를 보호하고 접액을 막기 위해 전면형 착용 - 수은이나 그 화합물 증기 독성으로부터 호흡기 보호 및 중독방지를 위함 - 호흡기, 피부보호를 위해 전면형 방독마스크 이상을 착용해야 함
	송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
보호복	화학물질용 보호복 	- 수은이나 그 화합물이 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 수은이나 그 화합물이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table border="1"><thead><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr></thead><tbody><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></tbody></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	• 수은이나 그 화합물 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

○ 작업 습관은,

- 수은이나 그 화합물은 섭취로도 중독될 수 있으므로 밥을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

○ 수은 스피어 키트를 사용하여 수은을 사용하는 장비가 깨지거나 파손되어 수은이 쏟아지거나 유출되었을 때 안전하게 처리합니다(그림 143⁸⁴⁾).

84) 출처: 한국산업안전보건공단, 직업건강 가이드라인 '수은 취급근로자'

그림 45. 수카카은키트를 이용한 쏟아진 수은 제거 절차



깨진 수은체온계나 수은혈압계의 유리조각을 수거통에 집어 넣는다



소형쓰레받기로 수은방울을 모아 큰 방울로 만든다. 실린지로 수은을 빨아들인 후 수거통에 넣는다.



잔류한 수은을 금속스펀지로 흡착한 후 그대로 수거통에 넣는다.



잔류수은에 황분말과 소석회분말을 골고루 뿌린다.



소형쓰레받기로 분말과 수은을 섞어 독성을 중화시킨다.



조심스럽게 오염된 분말을 쓰레받기에 담아 수거통에 넣는다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
오심	가슴 속이 불편하고 울렁거리며 구역질이 나면서도 토하지 못하고 신물이 올라오는 증상
금속열	노출 직후 바로 나타나는 것이 아니라 약 8~12시간 이후에 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴짐의 증상
단백뇨	소변에 단백질이 섞여나오는 것
핍뇨	소변의 양이 생리적으로 감소할 수 있는 범위를 넘어서 현저하게 감소된 경우
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 크롬이나 그 화합물(Chromium and its compounds) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

4. 크롬이나 그 화합물에 노출되어 발생한 세뇨관 기능 손상, 급성 세뇨관 괴사, 급성신부전 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 크롬이나 그 화합물을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 크롬이나 그 화합물은 제4호 ‘크롬이나 그 화합물에 노출되어 발생한 세뇨관 기능 손상, 급성 세뇨관 괴사, 급성신부전 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다. 이에 따라 경영책임자가 안전 및 보건 확보의무를 다하지 않아 중대산업재해가 발생하면 1년 이상의 징역 또는 10억 원 이하의 벌금에 처합니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	내용	
국내	산업안전보건법	작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		관리대상유해물질	-
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 크롬(금속) 0.5 mg/m ³ , 불용성 6가크롬 0.01 mg/m ³ , 수용성 6가크롬 0.05 mg/m ³ , 크롬화합물(2가 및 3가) 0.5 mg/m ³
	화학물질관리법	제한물질	6가크롬 화합물 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	위험물(제2류 가연성고체 금속분)	지정수량 500kg
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.5 mg/m ³
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 0.5 mg/m ³ , IDLH 250 mg/m ³
	ACGIH(산업위생전문가협의회)		허용한계값 TWA 0.003 mg/m ³
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.5 mg/m ³

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?

○ 크롬이나 그 화합물은 대표적으로 크롬(금속), 크롬산, 불용성 및 수용성 6가크롬 화합물, 크롬산납, 크롬산아연, 크롬(2가 및 3가)화합물 등이 있습니다.

○ 대표적인 크롬이나 그 화합물의 CAS No.⁸⁵⁾으로 크롬금속은 7440-47-3, 크롬산납은 7758-97-6, 크롬산아연은 13530-65-9 등이 있습니다.

○ 대표적인 크롬이나 그 화합물의 화학식은 크롬금속 Cr, 크롬산납은 PbCrO_4 , 크롬산아연은 ZnCrO_4 입니다.

○ 크롬은 토양과 화산재, 화산가스에서 나오는 원소입니다.

○ 크롬, 3가크롬, 6가크롬으로 분류할 수 있고 이중 3가크롬은 자연 상태에 존재하고 크롬과 6가크롬은 일반적으로 공업 과정에서 생성됩니다.

○ 은색의 광택이 있는 단단한 금속으로 부서지기 쉽고 잘 변색되지 않습니다.

○ 공기 및 물 속(습기)에서 매우 안정합니다.

○ 크롬을 높은 온도로 가열하면 할로젠, 황, 질소, 탄소 등과 직접 반응하고 염산, 황산에는 수소를 발생하며 녹지만, 진한 질산 등의 산화력을 가진 산에는 녹지 않고 보통의 산에도 녹지 않습니다.

2. 주로 어디에서 사용할까요?

○ 사업장에서는 주로 3가와 6가크롬이 사용되고 있습니다.

85) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

○ 사업장에서는 안료, 내화제, 인쇄잉크 착색제, 방청제, 유리나 도자기의 유약 등의 성분으로 사용되고 있습니다.

○ 작업공정으로는 금속재료를 용해료에 투입하여 용융하는 주조작업, 불순물을 제거하는 전처리 작업, 원피가공공정 유성, 염색드럼작업, 전기도금작업, 이물질 제거하는 산세척 작업, 1,2차 원료 반응 및 교반하는 반응기 작업, 니켈, 크롬 도금조, 표면 처리조의 도금작업, 금속에 피막을 입히는 도금작업, 혼합 및 주조하는 배합성형작업 등에서 크롬을 사용하고 있습니다.

○ 특히 독성이 강한 6가크롬 화합물은 스테인레스 용접작업, 크롬 도금작업(그림 46⁸⁶⁾), 크롬 염료 생산 작업, 가죽제혁작업 등에 사용됩니다.

86) paint koongs 유튜브, DIY 크롬,크롬도금(CHROME)

그림 46. 스프레이를 이용한 크롬 표면도금작업 흐름도



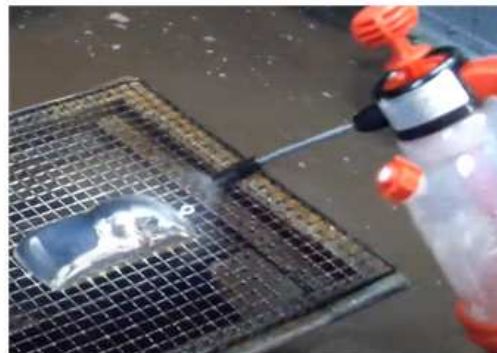
크롬용액 2가지를 번갈아가며 분사함
원하는 크롬 표면이 구현될 때까지 반복함



분순물이 없는 증류수로 표면을 세척하여
액티베이터를 모두 제거함



표면이 친수성을 띄도록 액티베이터를
분사함



증류수로 표면을 다시 세척함

3. 왜 위험한가요?(그림 47)

○ 6가크롬과 3가크롬은 코로 들어마시든 입으로 먹든 피부에 닿든 모든 방법으로 몸속에 흡수될 수 있습니다.

○ 6가크롬은 몸속 세포막을 쉽게 통과해 DNA를 손상시키며 활성 산소를 생성하여 조직을 손상시키고 발암 작용을 일으킵니다. 3가크롬은 세포막을 쉽게 통과할 수는 없으나 세포막의 형태를 변화시켜 세포의 기능을 잃게 만듭니

다.

○ 짧은 시간에 다량의(고농도) 크롬이 피부에 접촉되면 피부염을 유발하고 피부 발적, 통증, 궤양을 유발할 수 있습니다. 코로 들이마시게 되면 폐부종, 천식을 유발하여 호흡곤란, 흉통, 기침 등이 발생합니다.

○ 신경계에 작용하면 뇌부종을 유발하고 이는 전신에 힘이 빠지고 두통과 어지럼증이 나타납니다.

○ 간에도 영향을 미쳐 급성 간염을 유발합니다. 이 때문에 황달, 오심, 식욕 감소가 발생할 수 있습니다.

○ 신장에도 영향을 미칠 수 있는데 이는 급성신부전을 유발하여 소변량 감소와 부종이 발생할 있습니다.

○ 금속열⁸⁷⁾을 유발하여 발열, 오한, 피로감이 나타날 수 있습니다.

○ 6가크롬 화합물은 세계보건기구 국제암연구소(WHO IARC)에서 Group 1⁸⁸⁾으로 지정한 발암물질로, 폐암, 비강 및 부비동암⁸⁹⁾을 증가시키는 증거가 충분한 물질입니다.

87) 노출 직후 바로 나타나는 것이 아니라 약 8~12시간 이후에 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴짐의 증상

88) 인간에게 암을 일으킬 수 있는 충분한 근거가 있는 물질을 말함. 이외의 Group 1 물질로는 자외선, 가공육, 석면 등이 있음

89) 비부비동암이라고도 하며, 코 안의 빈 곳인 비강과 비강 주위에 있는 동굴과 같은 부비동에 발생하는 암

그림 47. 크롬이나 그 화합물 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	물탱크 청소작업 중 신체 오른쪽 어깨와 팔, 배 등에 크롬산이 쏟아져 응급실로 이송됨	화상 1명
2	국내	동판작업 현장에서 신체 양다리 손에 크롬산 용액을 쏟아 응급실로 이송됨 6% 화학성 화상을 입었으며 이후 폐렴성 급성세뇨관 괴사가 나타남	화상, 급성 세뇨관 괴사 1명
390)	국내	약 26년간 자동차 공장 내 프레스부 금형보수반에서 근무하던 중 종합검진 결과 기관지 또는 폐 악성 신생물을 진단받았고, 요양하던 중 뇌에 전이되어 방사선 치료를 받던 중 사망함	기관지암, 폐암
491)	국내	1993년부터 약 18년 6개월간 지속적으로 자동차 도장작업만 수행해오다 상악동의 악성 신생물을 진단받음. 도장작업 시 크롬 또는 그 화합물을 함유한 페인트 및 화학제품을 사용하였음. 방독마스크를 착용하지 않았고 지급되는 안전제품이 열악한 것이 원인이었음	상악동암

90) 한국산업안전보건공단, 2019~2022년 산업재해 리스트

91) 한국산업안전보건공단, 2019~2022년 산업재해 리스트

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 크롬이나 그 화합물을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 작업 중 크롬이나 그 화합물이 발생 및 비산하여 부유하는 납 분진 등이 작업시간 동안 작업공간 내에 위치하고 있는 근로자 작업복에 쉽게 달라붙습니다. 따라서 크롬이나 그 화합물을 다루는 작업을 하는 근로자는 크롬이나 그 화합물이 달라붙은 작업복을 벗고 샤워실에서 샤워를 한 후 탈의실에서 크롬에 작업환경에 전혀 노출되지 않은 옷으로 갈아입을 수 있어야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피하세요.

○ 크롬(금속) 및 크롬(2가 및 3가)화합물의 경우 TWA 0.5 mg/m³, 불용성 6가크롬의 경우 0.01 mg/m³을 초과하는 등 크롬 급성중독 증상이 나타나거나 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗

어나도록 도와야 합니다.

- 이후 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 크롬이나 그 화합물의 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 크롬이나 그 화합물 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다.
독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이

적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 크롬이나 그 화합물 노출 위험이 있는 산업 및 작업과 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1. 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 16).

표 16. 크롬이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명																				
마스크	반면형 방진마스크 	- 크롬이나 그 화합물로부터 호흡기를 보호하기 위해 반면형 방진마스크 착용 - 크롬 가스로부터 중독 방지를 위함 - 호흡기로 흡입되는 것을 예방하기 위해 반면형 마스크를 착용해야 함																				
	송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함																				
보호복	화학물질용 보호복 	- 크롬은 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	- 크롬이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 - 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 - 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	크롬 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 취급 시,

- 작업장에서 퇴적 및 누출된 크롬이나 그 화합물을 제거하는 과정에선 고성능 필터를 가진 진공청소기 등의 흡입장치를 사용하거나 정전기가 발생하지 않도록 젖은 천으로 닦아내는 등 크롬이 흩날리게 하지 말아야 합니다.

○ 작업습관은,

- 크롬이나 그 화합물은 섭취로도 중독될 수 있으므로 밥을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
급성 세뇨관 괴사	신장 세뇨관 세포(소변이 생성될 때 소변 속 체액과 무기질을 재흡수하는 세포)에 손상이 생겨 일어나는 신장 손상
금속열	노출 직후 바로 나타나는 것이 아니라 약 8~12시간 이후에 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴짐의 증상
비중격 천공	비중격의 해부학적 결손으로, 코 안에서 코를 양쪽으로 나누는 막인 비중격에 구멍이 뚫리는 것을 말함
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 크롬이나 그 화합물(Chromium and its compounds) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

4. 크롬이나 그 화합물에 노출되어 발생한 세뇨관 기능 손상, 급성 세뇨관 괴사, 급성신부전 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?

○ 본 가이드라인은 직업성 질병을 유발할 수 있는 크롬이나 그 화합물을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 각 시나리오별 대책을 담았습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 크롬이나 그 화합물은 제4호 ‘크롬이나 그 화합물에 노출되어 발생한 세노관 기능 손상, 급성 세노관 괴사, 급성신부전 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?

○ 크롬이나 그 화합물은 대표적으로 크롬(금속), 크롬산, 불용성 및 수용성 6가크롬 화합물, 크롬산납, 크롬산아연, 크롬(2가 및 3가)화합물 등이 있습니다.

○ 대표적인 크롬이나 그 화합물의 CAS No.⁹²⁾으로 크롬금속은 7440-47-3, 크롬산납은 7758-97-6, 크롬산아연은 13530-65-9 등이 있습니다.

○ 대표적인 크롬이나 그 화합물의 화학식은 크롬금속 Cr, 크롬산납은 PbCrO_4 , 크롬산아연은 ZnCrO_4 입니다.

○ 크롬은 토양과 화산재, 화산가스에서 나오는 원소입니다.

○ 크롬, 3가크롬, 6가크롬으로 분류할 수 있고 이중 3가크롬은 자연 상태에 존재하고 크롬과 6가크롬은 일반적으로 공업 과정에서 생성됩니다.

○ 은색의 광택이 있는 단단한 금속으로 부서지기 쉽고 잘 변색되지 않습니다.

○ 공기 및 물 속(습기)에서 매우 안정합니다.

○ 크롬을 높은 온도로 가열하면 할로젠, 황, 질소, 탄소 등과 직접 반응하고 염산, 황산에는 수소를 발생하며 녹지만, 진한 질산 등의 산화력을 가진 산에는 녹지 않고 보통의 산에도 녹지 않습니다.

2. 주로 어디에서 사용할까요?

○ 사업장에서는 주로 3가와 6가크롬이 사용되고 있습니다.

92) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

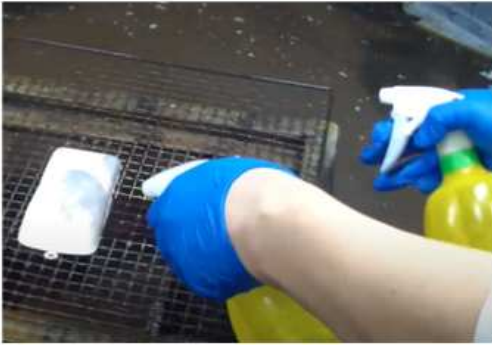
○ 사업장에서는 안료, 내화제, 인쇄잉크 착색제, 방청제, 유리나 도자기의 유약 등의 성분으로 사용되고 있습니다.

○ 작업공정으로는 금속재료를 용해료에 투입하여 용융하는 주조작업, 불순물을 제거하는 전처리 작업, 원피가공공정 유성, 염색드럼작업, 전기도금작업, 이물질 제거하는 산세척 작업, 1,2차 원료 반응 및 교반하는 반응기 작업, 니켈, 크롬 도금조, 표면 처리조의 도금작업, 금속에 피막을 입히는 도금작업, 혼합 및 주조하는 배합성형작업 등에서 크롬을 사용하고 있습니다.

○ 특히 독성이 강한 6가크롬 화합물은 스테인레스 용접작업, 크롬 도금작업(그림 48⁹³⁾), 크롬 염료 생산 작업, 가죽제혁작업 등에 사용됩니다.

93) paint koongs 유튜브브, DIY 크롬,크롬도금(CHROME)

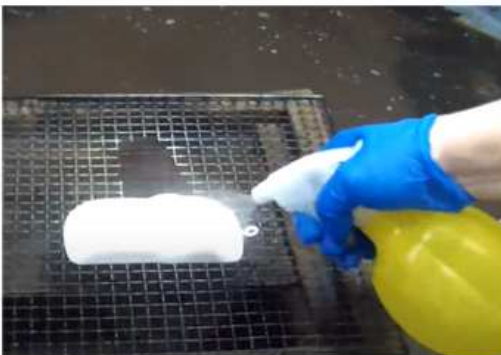
그림 48. 스프레이를 이용한 크롬 표면도금작업 흐름도



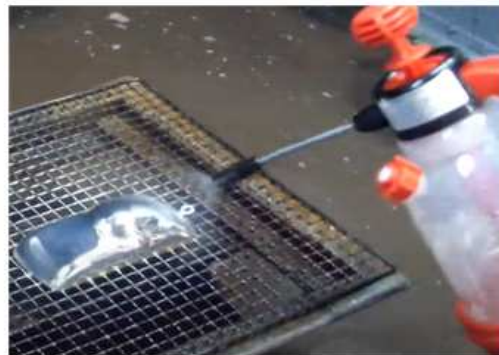
크롬용액 2가지를 번갈아가며 분사함
원하는 크롬 표면이 구현될 때까지 반복함



분순물이 없는 증류수로 표면을 세척하여
액티베이터를 모두 제거함



표면이 친수성을 띠도록 액티베이터를
분사함



증류수로 표면을 다시 세척함

3. 왜 위험한가요?(그림 49)

○ 6가크롬과 3가크롬은 코로 들이마시든 입으로 먹든 피부에 닿든 모든 방법으로 몸속에 흡수될 수 있습니다.

○ 6가크롬은 몸속 세포막을 쉽게 통과해 DNA를 손상시키며 활성 산소를 생성하여 조직을 손상시키고 발암 작용을 일으킵니다. 3가크롬은 세포막을 쉽게 통과할 수는 없으나 세포막의 형태를 변화시켜 세포의 기능을 잃게 만듭니

다.

○ 짧은 시간에 다량의(고농도) 크롬이 피부에 접촉되면 피부염을 유발하고 피부 발적, 통증, 궤양을 유발할 수 있습니다. 코로 들이마시게 되면 폐부종, 천식을 유발하여 호흡곤란, 흉통, 기침 등이 발생합니다.

○ 신경계에 작용하면 뇌부종을 유발하고 이는 전신에 힘이 빠지고 두통과 어지럼증이 나타납니다.

○ 간에도 영향을 미쳐 급성 간염을 유발합니다. 이 때문에 황달, 오심, 식욕 감소가 발생할 수 있습니다.

○ 신장에도 영향을 미칠 수 있는데 이는 급성신부전을 유발하여 소변량 감소와 부종이 발생할 있습니다.

○ 금속열⁹⁴⁾을 유발하여 발열, 오한, 피로감이 나타날 수 있습니다.

○ 6가크롬 화합물은 세계보건기구 국제암연구소(WHO IARC)에서 Group 1⁹⁵⁾으로 지정한 발암물질로, 폐암, 비강 및 부비동암⁹⁶⁾을 증가시키는 증거가 충분한 물질입니다.

94) 노출 직후 바로 나타나는 것이 아니라 약 8~12시간 이후에 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴짐의 증상

95) 인간에게 암을 일으킬 수 있는 충분한 근거가 있는 물질을 말함. 이외의 Group 1 물질로는 자외선, 가공육, 석면 등이 있음

96) 비부비동암이라고도 하며, 코 안의 빈 공간인 비강과 비강 주위에 있는 동굴과 같은 부비동에 발생하는 암

그림 49. 크롬이나 그 화합물 위험표지

크롬



호흡기과민성



특정표적장기독성



수생환경유해성

크롬산납



발암성/생식독성/
특정표적장기독성



수생환경유해성

크롬산아연



산화성 고체



호흡기과민성/
피부과민성



발암성/특정표적
장기독성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	물탱크 청소작업 중 신체 오른쪽 어깨와 팔, 배 등에 크롬산이 쏟아져 응급실로 이송됨	화상 1명
2	국내	동판작업 현장에서 신체 양다리 손에 크롬산 용액을 쏟아 응급실로 이송됨 6% 화학성 화상을 입었으며 이후 폐노성 급성세뇨관 괴사가 나타남	화상, 급성 세뇨관 괴사 1명
3 ⁹⁷⁾	국내	약 26년간 자동차 공장 내 프레스부 금형보수반에서 근무하던 중 종합검진 결과 기관지 또는 폐 악성 신생물을 진단받았고, 요양하던 중 뇌에 전이되어 방사선 치료를 받던 중 사망함	기관지암, 폐암
4 ⁹⁸⁾	국내	1993년부터 약 18년 6개월간 지속적으로 자동차 도장작업만 수행해오다 상악동의 악성 신생물을 진단받음. 도장작업 시 크롬 또는 그 화합물을 함유한 페인트 및 화학제품을 사용하였음. 방독마스크를 착용하지 않았고 지급되는 안전제품이 열악한 것이 원인이었음	상악동암

97) 한국산업안전보건공단, 2019~2022년 산업재해 리스트

98) 한국산업안전보건공단, 2019~2022년 산업재해 리스트

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1. 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 17).

표 17. 크롬이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	반면형 방진마스크 	- 크롬이나 그 화합물로부터 호흡기를 보호하기 위해 반면형 방진마스크 착용 - 크롬 가스로부터 중독 방지를 위함 - 호흡기로 흡입되는 것을 예방하기 위해 반면형 마스크를 착용해야 함
	송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
보호복	화학물질용 보호복 	- 크롬은 피부로도 노출되므로 접촉을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 크롬이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	• 크롬 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 취급 시,

- 작업장에서 퇴적 및 누출된 크롬이나 그 화합물을 제거하는 과정에선 고성능 필터를 가진 진공청소기 등의 흡입장치를 사용하거나 정전기가 발생하지 않도록 젖은 천으로 닦아내는 등 크롬이 흩날리게 하지 말아야 합니다.

○ 작업습관은,

- 크롬이나 그 화합물은 섭취로도 중독될 수 있으므로 밥을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
오심	가슴 속이 불편하고 울렁거리며 구역질이 나면서도 토하지 못하고 신물이 올라오는 증상
금속열	노출 직후 바로 나타나는 것이 아니라 약 8~12시간 이후에 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴짐의 증상
단백뇨	소변에 단백질이 섞여나오는 것
핍뇨	소변의 양이 생리적으로 감소할 수 있는 범위를 넘어서 현저하게 감소된 경우
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 벤젠(Benzene) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

5. 벤젠에 노출되어 발생한 경련, 급성 기질성 뇌증후군, 혼수상태 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드라인은 직업성 질병을 유발할 수 있는 벤젠을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 벤젠은 제5호 ‘벤젠에 노출되어 발생한 경련, 급성 기질성 뇌증후군, 혼수상태 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 6개월
		특별관리물질	-
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 0.5ppm, STEL 2.5ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 0.5ppm, STEL 2.5ppm
	화학물질관리법	사고대비물질	벤젠 및 이를 85% 이상 함유한 혼합물
		유독물질	벤젠 및 이를 85% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	4류 제1석유류(비수용성)	200L
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 1ppm, STEL 5ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 0.1ppm, STEL 1 ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 0.5ppm. STEL 2.5ppm, skin
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 1ppm, STEL 5ppm, skin

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 50⁹⁹⁾)

그림 50. 벤젠
화학구조



- 벤젠의 CAS No.¹⁰⁰⁾은 71-43-2입니다.
- 화학식은 C₆H₆입니다.
- 상온, 상압에서 휘발성이 있는 액체로 공기 중에 가스 형태로 존재할 수 있습니다.
- 색이 없거나 옅은 노란색을 띠는 액체 또는 (5.6℃ 이하에서) 고체인 특유의 냄새가 나는 물질입니다.
- 유지(기름)가 있는 물질을 잘 녹이는 성질이 있는데 녹는 물질을 변화시키지 않아 유기용제 액체를 제거하면 물질 회수가 가능합니다.
- 색이 없고 달콤한 냄새가 납니다.
- 가열 시 폭발할 수 있고 고인화성 액체 및 증기로 열, 스파크, 화염에 의해 쉽게 불이 붙을 수 있습니다.
- 산화제, 할로젠물질과 강렬히 반응합니다.

2. 주로 어디에서 사용할까요?

- 산업에서는 플라스틱, 고무, 합성 섬유 등을 만들기 위해 사용되는 물질을 만들기 위해 사용됩니다. 고무, 염료(페인트), 세제, 살충제, 접착제를 만드는 데에도 사용됩니다.

99) <https://echa.europa.eu/>

100) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유 번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

3. 왜 위험한가요?(그림 51)

○ 휘발성이 크므로 작업장 공기를 쉽게 오염시킬 수 있기 때문에 근로자의 호흡기로 흡수될 수 있습니다. 신경학적으로 어지러움, 구토, 두통, 몸 떨림 등이 나타날 수 있습니다.

○ 지방, 콜레스테롤 등 유지(기름)를 잘 녹이는 성질이 있기 때문에 피부로도 흡수될 수 있습니다. 피부에 노출되면 수포, 각질형 피부염이 발생할 수 있습니다.

○ 호흡기 또는 피부로 유기용제가 흡수되면 지방이 많은 체조직과 결합하여 주로 중추신경과 부신 등 중요기관에 장애를 줍니다.

○ 단기간에 고농도로 노출될 경우 졸음, 현기증, 급격한 심장박동, 두통, 떨림, 혼란감, 의식불명이 발생할 수 있고 매우 높은 농도로 흡입하게 되면 사망할 수 있습니다.

그림 51. 벤젠 위험표지



인화성 액체



생식세포변이원성
/발암성/
특정표적장기독성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1101)	국내	자동차 보수 도장작업을 20년 수행하여 벤젠에 노출됨. 실시한 특수건강검진상에서 혈소판 수치가 높다고 하여 정밀진단 후 골수증식성 증후군(혈소판 증가증)을 진단 받음	골수증식성 증후군
2102)	국외	벤젠을 사용하는 인쇄공장에서 1개월간 근무한 근로자가 수 분간 전신 발작을 하고 의식을 잃음. 혈액 검사 상 벤젠의 대사물인 페놀의 농도가 62mg/L로 증가하였고 벤젠을 함유한 도료와 지속적으로 접촉한 것을 확인함. 근로자는 27일간 입원과 신경과적 치료 후 회복하였음	전신발작
3103)	국외	나일론과 플라스틱 제품을 만드는 공정에서 필요한 카프로락탐 제조 공정에서 벤젠을 원료로 사용하는데 이를 담당하여 17년간 작업을 수행하던 근로자가 빈혈, 백혈구 감소증, 혈소판 감소증이 발생함. 병원에 내원하여 골수검사를 시행한 결과 골수이형성증후군을 진단받음. 이후 폐렴과 범혈구감소증으로 입원하였고 퇴원 후에도 피로, 현기증, 두근거림, 범혈구감소증이 지속되었음. 벤젠에 만성 노출로 인한 골수이형성증후군으로 추정함	골수이형성 증후군

101) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

102) Chen Y. H. et al., Benzene-induced myelodysplastic syndrome. The Journal of the American Board of Family Practice. 200:14(1):71-74

103) Chen Y. H. et al., Benzene-induced myelodysplastic syndrome. The Journal of the American Board of Family Practice. 200:14(1):71-74

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 벤젠을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ TWA 0.5ppm을 초과하는 등 벤젠을 호흡기로 흡입한 경우 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야합니다.

○ 이후 신선한 공기가 있는 곳으로 몸을 옮겨야 합니다. 휘발성이 강해 공

기 중에 희석되어 근로자의 호흡기로 흡입될 수 있습니다. 그리고 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

○ 즉시 탈의 후 세척하고 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받아야 합니다. 지방, 콜레스테롤 등 유지(기름)을 잘 녹이는 성질이 있기 때문에 피부로 흡수될 수 있고 자극을 일으킬 수 있습니다.

○ 눈에 노출될 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

○ 피부에 노출될 경우 눈과 동일하게 흐르는 생리식염수로 15분 이상 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진단과 치료를 받습니다.

○ 입으로 삼킨 경우, 억지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다¹⁰⁴⁾. 즉시 응급실에 방문하여 전문과 진료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 벤젠의 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 벤젠 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성⁴

104) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 억지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 억지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도으로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있습니다.

- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다.
독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 작업 시 사용하는 유기용제와 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 18).

표 18. 벤젠 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명																				
마스크	방독마스크 	• 호흡기를 보호하고 접액을 막기 위해 전면형 착용 • 가스와 증기 독성으로부터 호흡기 보호 및 중독방지를 위한 • 호흡기, 피부보호를 위해 전면형 방독마스크 이상을 착용해야 함																				
	송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함																				
보호복	화학물질용 보호복 	• 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 • 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 유기용제가 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 • 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	• 유기용제 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 보관 시,

- 극산화성 액체 및 증기물질로 화재 및 폭발을 일으킬 수 있으니 주의해야 합니다.

- 환기가 잘 되는 곳에 보관하고 낮은 온도를 유지해야 합니다.

○ 작업습관은,

- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 유기용제를 취급하거나 보관하는 곳에 서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 말아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
경련	갑작스럽게 발생하는 짧고, 의도하지 않았으며(불수의), 보통 고통스러운 근육 또는 근육 덩어리의 수축
급성 기질성 뇌증후군	정신질환이 아닌 신체질환과 같은 다른 원인에 의해 뇌기능이 저하되는 것으로 급성일 경우 일시적인 정신착란이 오게 됨
혼수상태	외부 환경의 자극에 의식적인 반응이 나타나지 않고 자발적인 신경 활동이 없어진 깊은 무의식의 상태
할로겐물질	원소 주기율표 7B에 속하는 불소(F), 염소(Cl), 브롬(Br), 요오드(I), 아스타틴(At) 5개 원소를 한꺼번에 부르는 이름
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 벤젠(Benzene) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

5. 벤젠에 노출되어 발생한 경련, 급성 기질성 뇌증후군, 혼수상태 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 벤젠을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 벤젠은 제5호 ‘벤젠에 노출되어 발생한 경련, 급성 기질성 뇌증후군, 혼수상태 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 52¹⁰⁵⁾)

그림 52. 벤젠
화학구조



- 벤젠의 CAS No.¹⁰⁶⁾은 71-43-2입니다.
- 화학식은 C₆H₆입니다.
- 상온, 상압에서 휘발성이 있는 액체로 공기 중에 가스 형태로 존재할 수 있습니다.
- 색이 없거나 옅은 노란색을 띠는 액체 또는 (5.6℃ 이하에서) 고체인 특유의 냄새가 나는 물질입니다.
- 유지(기름)가 있는 물질을 잘 녹이는 성질이 있는데 녹는 물질을 변화시키지 않아 유기용제 액체를 제거하면 물질 회수가 가능합니다.
- 색이 없고 달콤한 냄새가 납니다.
- 가열 시 폭발할 수 있고 고인화성 액체 및 증기로 열, 스파크, 화염에 의해 쉽게 불이 붙을 수 있습니다.
- 산화제, 할로젠물질과 강렬히 반응합니다.

2. 주로 어디에서 사용할까요?

- 산업에서는 플라스틱, 고무, 합성 섬유 등을 만들기 위해 사용되는 물질을 만들기 위해 사용됩니다. 고무, 염료(페인트), 세제, 살충제, 접착제를 만드는 데에도 사용됩니다.

105) <https://echa.europa.eu/>

106) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유 번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

3. 왜 위험한가요?(그림 53)

○ 휘발성이 크므로 작업장 공기를 쉽게 오염시킬 수 있기 때문에 근로자의 호흡기로 흡수될 수 있습니다. 신경학적으로 어지러움, 구토, 두통, 몸 떨림 등이 나타날 수 있습니다.

○ 지방, 콜레스테롤 등 유지(기름)를 잘 녹이는 성질이 있기 때문에 피부로도 흡수될 수 있습니다. 피부에 노출되면 수포, 각질형 피부염이 발생할 수 있습니다.

○ 호흡기 또는 피부로 유기용제가 흡수되면 지방이 많은 체조직과 결합하여 주로 중추신경과 부신 등 중요기관에 장애를 줍니다.

○ 단기간에 고농도로 노출될 경우 졸음, 현기증, 급격한 심장박동, 두통, 떨림, 혼란감, 의식불명이 발생할 수 있고 매우 높은 농도로 흡입하게 되면 사망할 수 있습니다.

그림 53. 벤젠 위험표지



인화성 액체



생식세포변이원성
/발암성/
특정표적장기독성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1107)	국내	자동차 보수 도장작업을 20년 수행하여 벤젠에 노출됨. 실시한 특수건강검진상에서 혈소판 수치가 높다고 하여 정밀진단 후 골수증식성 증후군(혈소판 증가증)을 진단 받음	골수증식성 증후군
2108)	국외	벤젠을 사용하는 인쇄공장에서 1개월간 근무한 근로자가 수 분간 전신 발작을 하고 의식을 잃음. 혈액 검사 상 벤젠의 대사물인 페놀의 농도가 62mg/L로 증가하였고 벤젠을 함유한 도료와 지속적으로 접촉한 것을 확인함. 근로자는 27일간 입원과 신경과적 치료 후 회복하였음	전신발작
3109)	국외	나일론과 플라스틱 제품을 만드는 공정에서 필요한 카프로락탐 제조 공정에서 벤젠을 원료로 사용하는데 이를 담당하여 17년간 작업을 수행하던 근로자가 빈혈, 백혈구 감소증, 혈소판 감소증이 발생함. 병원에 내원하여 골수검사를 시행한 결과 골수이형성증후군을 진단받음. 이후 폐렴과 범혈구감소증으로 입원하였고 퇴원 후에도 피로, 현기증, 두근거림, 범혈구감소증이 지속되었음. 벤젠에 만성 노출로 인한 골수이형성증후군으로 추정함	골수이형성 증후군

107) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

108) Chen Y. H. et al., Benzene-induced myelodysplastic syndrome. The Journal of the American Board of Family Practice. 200:14(1):71-74

109) Chen Y. H. et al., Benzene-induced myelodysplastic syndrome. The Journal of the American Board of Family Practice. 200:14(1):71-74

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 19).

표 19. 벤젠 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	방독마스크 	- 호흡기를 보호하고 접액을 막기 위해 전면형 착용 - 가스와 증기 독성으로부터 호흡기 보호 및 중독방지를 위함 - 호흡기, 피부보호를 위해 전면형 방독마스크 이상을 착용해야 함
	송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
보호복	화학물질용 보호복 	- 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 유기용제가 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	• 유기용제 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

○ 보관 시,

- 극인화성 액체 및 증기물질로 화재 및 폭발을 일으킬 수 있으니 주의해야 합니다.

- 환기가 잘 되는 곳에 보관하고 낮은 온도를 유지해야 합니다.

○ 작업습관은,

- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 유기용제를 취급하거나 보관하는 곳에서 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 말아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
경련	갑작스럽게 발생하는 짧고, 의도하지 않았으며(불수의), 보통 고통스러운 근육 또는 근육 덩어리의 수축
급성 기질성 뇌증후군	정신질환이 아닌 신체질환과 같은 다른 원인에 의해 뇌기능이 저하되는 것으로 급성일 경우 일시적인 정신착란이 오게 됨
혼수상태	외부 환경의 자극에 의식적인 반응이 나타나지 않고 자발적인 신경 활동이 없어진 깊은 무의식의 상태
할로겐물질	원소 주기율표 7B에 속하는 불소(F), 염소(Cl), 브롬(Br), 요오드(I), 아스타틴(At) 5개 원소를 한꺼번에 부르는 이름
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 톨루엔(Toluene)·크실렌(Xylene)·스티렌(Styrene) ·시클로헥산(Cyclohexane)·노말헥산(N-Hexane)· 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

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

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 각 시나리오별 대책을 담았습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌은 제6호 ‘톨루엔(toluene)·크실렌(xylene)·스티렌(styrene)·시클로헥산(cyclohexane)·노말헥산(n-hexane)·트리클로로에틸렌(trichloroethylene) 등 유기화합물에 노출되어 발생한 의식장해, 경련, 급성 기질성 뇌증후군, 부정맥 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

1) 톨루엔

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 50ppm, STEL 150ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 50ppm, STEL 150ppm
	화학물질관리법	유독물질	톨루엔 및 이를 85% 이상 함유한 혼합물
		사고대비물질	톨루엔 및 이를 85% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	4류 제1석유류(비수용성)	지정수량 200L
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 200ppm, C 300ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 100ppm, STEL 150ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 20ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 10ppm, STEL 150ppm, C 500ppm

2) 크실렌

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 100ppm, STEL 150ppm
	화학물질관리법	유독물질	크실렌 및 이를 85% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	4류 제1석유류(비수용성)	지정수량 200L
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 100ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 100ppm, STEL 150ppm
	ACGIH(산업위생전문가협의회)		허용한계값 TWA 20ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 100ppm, STEL 150ppm, C 500ppm

3) 스티렌

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 20ppm, STEL 40ppm

		허용기준설정물질	허용기준 TWA 20ppm, STEL 40ppm
	화학물질관리법	유독물질	크실렌 및 이를 10% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	4류 제1석유류(비수용성)	지정수량 200L
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 100ppm, C 200ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 50ppm, STEL 100ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 10ppm, STEL 20ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 50ppm, STEL 100ppm, C 150ppm

4) 시클로헥산

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 200ppm
	화학물질관리법	유독물질	사이클로헥산 및 이를 25% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	4류 제1석유류(비수용성)	지정수량 200L
	폐기물관리법	지정폐기물	-

국외	OSHA(산업안전보건청)	허용노출한계 TWA 300ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)	권장노출한계 TWA 300ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)	허용한계값 TWA 100ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)	허용노출한계 TWA 300ppm

5) 노말핵산

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 50ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 50ppm
	위험물안전관리법	4류 제1석유류(비수용성)	지정수량 200L
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 500ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 50ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 50ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 50ppm

6) 트리클로로에틸렌

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		특별관리물질	-
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 10ppm, STEL 25ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 10ppm, STEL 25ppm
	화학물질관리법	유독물질	트리클로로에틸렌 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
		제한물질	트리클로로에틸렌 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 500ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 50ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 50ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 50ppm

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 54¹¹⁰⁾)

○ 유기용제 각 물질의 CAS No.은 톨루엔 108-88-3, 크실렌의 경우 3개의 이성질체가 있어 각 오쏘자일렌 95-47-6, 메타자일렌 108-38-3, 파라자일렌 106-42-3, 스티렌 100-42-5, 시클로헥산 110-82-7, 노말헥산 110-54-3, 트리클로로에틸렌 79-01-6입니다.

○ 유기용제 각 물질의 화학식은 톨루엔 C_7H_8 , 크실렌 C_8H_{10} , 스티렌 C_8H_8 , 시클로헥산 C_6H_{12} , 노말헥산 C_6H_{14} , 트리클로로에틸렌 C_2HCl_3 입니다.

○ 유기용제는 상온, 상압에서 휘발성이 있는 액체로 공기 중에 가스 형태로 존재할 수 있습니다.

○ 유기용제의 종류는 400가지 이상으로 매우 많으나 산업안전보건법에서 규정한 관리대상유해물질 중 유기화합물로는 117가지가 있습니다.

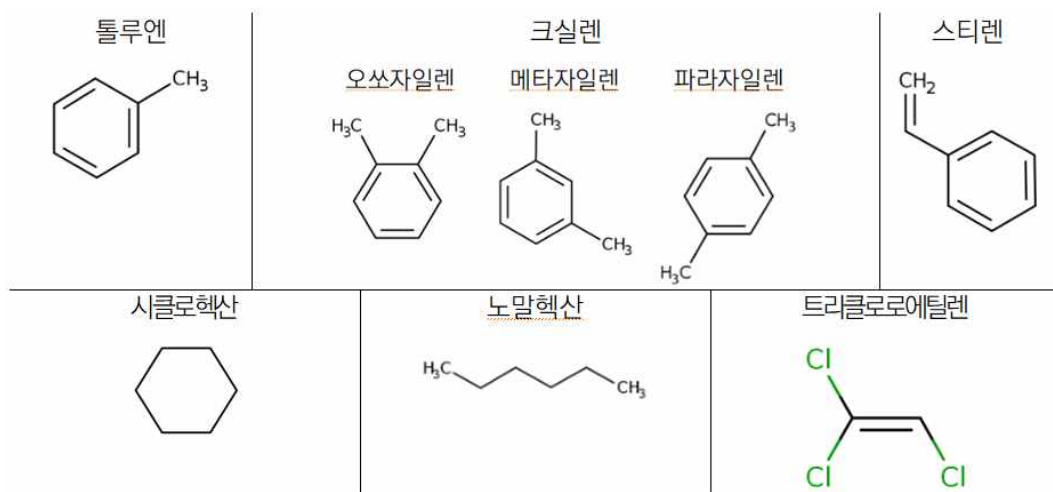
○ 유기용제는 유지(기름)가 있는 물질을 잘 녹이는 성질이 있는데 녹는 물질을 변화시키지 않아 유기용제 액체를 제거하면 물질 회수가 가능합니다.

○ 유기용제는 색이 없고 달콤한 냄새가 납니다.

○ 산업에서 유기용제는 플라스틱, 고무, 합성 섬유 등을 만들기 위해 사용되는 물질을 만들기 위해 사용됩니다. 고무, 염료(페인트), 세제, 살충제, 접착제를 만드는 데에도 사용됩니다.

110) <https://echa.europa.eu/>

그림 54. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 화학구조



2. 주로 어디에서 사용할까요?

○ 유기용제는 사용목적에 따라 단일 또는 혼합하여 사용되며 접착제 제조, 금속코팅, 인쇄잉크, 착색, 세척고무 및 가죽가공 등에 널리 사용됩니다. 실제 산업 현장에서는 유기용제는 단일보단 혼합으로 사용됩니다.

○ 유기용제를 사용 시 휘발성 유기화합물을 배출하므로 이로 비추어봤을 때, 도장시설에서 가장 많이 사용됩니다.

○ 유기용제는 사용목적에 따라 단일 또는 혼합하여 사용되며 접착제 제조, 금속코팅, 인쇄잉크, 착색, 세척고무 및 가죽가공 등에 널리 사용됩니다. 실제 산업 현장에서는 유기용제는 단일보단 혼합으로 사용됩니다.

○ 조선소 선박건조업의 선박도장작업(그림 55¹¹¹⁾)에서 사용하는 페인트에 유기용제가 포함되어 있습니다. 방법에 따라 나뉘는 스프레이 도장과 붓 도장

111) 카인드마스터, 네이버 블로그, 선박도장(PAINT SPECIFICATION) 방법 / 현대미포조선도장모임, 다음 카페, 선박 도장 작업 / samsungshi, 삼성중공업 블로그, [선박건조 시리즈 6] 선박에 옷을 입히다, 선행도장편

모두 공기 중으로 유기용제가 노출되나, 특히 스프레이 도장에서 고농도의 유기용제가 포함된 미스트와 증기가 발생할 수 있습니다.

그림 55. 조선소 선박도장작업 흐름도



조각을 면으로 조립하여,
넓은 면은 스프레이로 분사하고 모서리,
구멍 등은 붓, 롤러도 칠함



조립된 선체 외부를 스프레이로 페인트를
분사함



밀폐된 선체 내부에 들어가
스프레이로 페인트를 분사함



밀폐된 선체 내부에서
스프레이가 닿지 못한 굴곡 부분이나
모서리를 붓으로 페인트칠함

○ 건축 바닥 방수작업을 위한 에폭시 도장작업(그림 56¹¹²⁾)에서 사용하는 방수 페인트에 유기용제가 포함되어 있습니다. 도장작업 시 휘발성이 있는 유

112) 방수세상 홈페이지, 에폭시 코팅 공사

기용제가 공기 중으로 증발하면서 호흡기를 통해 흡수될 수 있습니다.

그림 56. 에폭시 바닥도장작업 흐름도



바닥면을 그라인딩하고 크랙부위는
V커팅하여 정리하고 바닥표면의
먼지, 유분 등을 닦아냄



에폭시 하도 도장작업으로, 프라이머
주제와 경화제를 섞어 롤러와 붓으로 칠함



에폭시 상도(코팅) 도장작업으로,
상도 주제와 경화제를 혼합하여 롤러나
스프레이 등을 이용하여 칠하거나 뿌림

○ 인쇄출판업의 인쇄과정(그림 57¹¹³⁾)에서 사용하는 인쇄용 유성잉크에 유기용제가 포함되어 있습니다. 특히 종이에 직접 인쇄하지 않고 다른 판면을 이용해 찍어내는 그라비아와 오프셋 방법에서 노출 가능성이 높습니다.

113) 타미조, 유튜브, [안쇄소 탐방]디자이너가 궁금해 할 오프셋 인쇄 현장 둘러보기

그림 57. 인쇄출판업 음셋인쇄작업 흐름도



인쇄될 종이를 급지부에 넣음



인쇄기 상단부에 있는 각 유닛별 잉크부에 잉크를 넣고 붓으로 퍼줌



PQC(Printing Quality Control)에서 데이터를 이용하여 잉크 농도를 조절함



인쇄가 되고 다면 기존 CTP판을 빼고 다음 CTP판으로 갈아끼움



인쇄 결과를 확인함

○ 신발제조업 중 구두제조공정에서 사용하는 접착제에 유기용제가 포함되어 있습니다. 특히 가죽 등 원자재에 접착제를 칠하고 갑피를 붙이는 작업, 중창과 갑피 사이에 접착제를 발라 붙이고 건조기를 이용하여 접착제를 건조하는 과정, 구두 내부에 접착제를 바르고 깔창을 넣어 붙이는 과정, 구두표면에 광택을 내기 위해 스프레이로 구두약을 뿌리는 작업 등에서 유기용제가 직접 노출되거나 가스로 노출될 수 있습니다.

○ 고무제품 제조업에서 원료고무에서 배합(합성)고무를 만들기 위해 첨가하는 배합제에 유기용제가 포함되어 있습니다. 배합제가 포함된 고무조각에 고온이 반복적으로 가해지면서 공기 중으로 증발하여 호흡기로 노출될 수 있습니다.

3. 왜 위험한가요?(그림 58)

○ 유기용제는 휘발성이 크므로 작업장 공기를 쉽게 오염시킬 수 있기 때문에 근로자의 호흡기로 흡수될 수 있습니다.

신경학적으로 어지러움, 구토, 두통, 몸 떨림 등이 나타날 수 있습니다.

○ 지방, 콜레스테롤 등 유지(기름)를 잘 녹이는 성질이 있기 때문에 피부로도 흡수될 수 있습니다. 피부에 노출되면 수포, 각질형 피부염이 발생할 수 있습니다.

○ 호흡기 또는 피부로 유기용제가 흡수되면 지방이 많은 체조직과 결합하여 주로 중추신경과 부신 등 중요기관에 장애를 줍니다.

○ 단기간에 고농도로 노출될 경우 졸음, 현기증, 급격한 심장박동, 두통, 떨림, 혼란감, 의식불명이 발생할 수 있고 매우 높은 농도로 흡입하게 되면 사망할 수 있습니다.

그림 58. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 위험표지

톨루엔    인화성 액체 피부부식성/ 흡인유해성 생식독성/ 특정표적장기독성	시클로헥산     인화성 액체 피부부식성/ 눈손상성/ 흡인유해성 특정표적장기독성 수생환경유해성
크실렌    인화성 액체 피부부식성/ 눈손상성/ 흡인유해성 특정표적장기독성	스티렌    인화성 액체 급성독성(흡입)/ 피부부식성/ 눈손상성/ 흡인유해성 발암성/생식독성/ 특정표적장기독성
트리클로로에틸렌   피부부식성/ 눈손상성 발암성/ 생식세포변이원성/ 특정표적장기독성	노말헥산     인화성 액체 흡인유해성 생식독성/ 특정표적장기독성 수생환경유해성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
----	----	-------	----

1	국내	2016년 4월 주택 신축공사 현장 지하실에서 오전부터 예폭시 바닥 방수 작업을 한 건설 단순 종사원이 당일 23시 근무 현장에서 의식 저하 상태로 발견되어 응급실로 이송 결과 독성/대사성 뇌병증을 진단 받음. 유기용제 물질별 노출 농도를 추정한 결과 유효환기량을 최대 15m ³ /min로 가정한 경우 총 유기화합물(TVOC) 농도는 1,039 ppm, 톨루엔 단독 노출 수준도 최대 500 ppm 이상이었을 것으로 판단되었음	독성/대사성 뇌병증
2	국내	1985년부터 25년간 인쇄회로기판 생산 공장에서 인쇄와 세척작업을 하며 다양한 유기용제에 노출되었고 기억력 저하 및 불안 등의 증상으로 병원 특진 소견 결과 이로 인해 만성독성뇌병증이 발생함	뇌병증
3	국내	4층 건물의 계단 도장작업을 총 3명이 맡아 4층에서 1층까지 약 3시간가량 도장작업을 하고 30분간 휴식한 후 4층에서부터 재차 도장작업을 하여 3층 계단을 작업하던 중 3명 모두 유기용제 급성중독으로 쓰러짐. 페인트의 성분은 톨루엔 20~30%, 크실렌 5~10%, 안료, 수지 60~75%였고, 신나의 성분은 톨루엔 85%, 초산에틸 8%, 메틸이소부틸케톤 7%였음. 도장작업 시에는 강제 환기 장치는 설치되어 있지 않았으며 건물의 창문은 대부분 닫혀있었음. 방독마스크는 근로자 3명 모두 착용하고 있었음	급성중독증세
4	국내	개인주택 욕실의 마무리도장작업을 하던 근로자 1명이 작업을 시작한 지 약 30분 후 기분이 나빠지면서 의식을 잃음. 도료는 우레탄수지계 도료로 그 성분은 초산에틸 13%, 초산부틸 8.4%, 크실렌 8.3%, 톨루엔 2%, 초산이소부틸 1.2%, 셀로솔브아세테이트 1.2%였음. 작업 중 욕실을 환기하지 않았고 문은 거의 닫힌 상태였으며, 방독마스크는 착용하지 않음	급성중독증세

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 톨루엔(Toluene)·크실렌(Xylene)·스티렌(Styrene)·시클로헥산(Cyclohexane)·노말헥산(N-Hexane)·트리클로로에틸렌(Trichloroethylene)을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ 톨루엔 TWA 50 ppm, STEL 150 ppm, 크실렌 TWA 100 ppm,

STEL 150 ppm, 스티렌 TWA 20 ppm, STEL 40 ppm, 시클로헥산 TWA 200 ppm, 노말헥산 50 ppm, 트리클로로에틸렌 TWA 10 ppm, STEL 25 ppm을 초과한 경우 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 이후 장소를 벗어나 신선한 공기가 있는 곳으로 몸을 옮겨야 합니다. 휘발성이 강해 공기 중에 희석되어 근로자의 호흡기로 흡입될 수 있습니다. 그리고 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

○ 즉시 탈의 후 세척하고 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받아야 합니다. 지방, 콜레스테롤 등 유지(기름)를 잘 녹이는 성질이 있기 때문에 피부로 흡수될 수 있고 자극을 일으킬 수 있습니다.

○ 눈에 노출될 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈의 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

○ 피부에 노출될 경우 눈과 동일하게 흐르는 생리식염수로 15분 이상 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진단과 치료를 받습니다.

○ 입으로 삼킨 경우, 억지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다¹¹⁴⁾. 즉시 응급실에 방문하여 전문과 진료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌의 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

114) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 억지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 억지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있습니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다.
독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 작업 시 사용하는 유기용제와 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 20).

**표 20. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 취급 시
착용 보호구**

보호구	종류	설명
마스크	방독마스크 	- 호흡기를 보호하고 접액을 막기 위해 전면형 착용 - 가스와 증기 독성으로부터 호흡기 보호 및 중독방지를 위함 - 호흡기, 피부보호를 위해 전면형 방독마스크 이상을 착용해야 함
	송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
보호복	화학물질용 보호복 	- 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	- 유기용제가 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 - 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 - 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	유기용제 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

- 보관 시,
 - 유기용제는 극산화성 액체 및 증기물질로 화재 및 폭발을 일으킬 수 있으니 주의해야 합니다.
 - 유기용제는 환기가 잘 되는 곳에 보관하고 낮은 온도를 유지해야 합니다.
- 작업습관은,
 - 유기용제는 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 유기용제를 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 말아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
 - 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
휘발성 유기화합물	대기 중으로 휘발되어 악취를 유발하고, 광화학반응에 의해 오존을 발생시키며, 2차 미세먼지의 원인물질이 되는 탄화수소화합물
각질형 피부염	가려움증, 수포, 붉어짐, 부기를 비롯해 각질이 일어나는 피부의 바깥층에 발생하는 염증
중추신경계	우리 몸의 여러 감각기관에서 받아들인 신경정보들을 모아 통합, 조정하는 중앙처리장치에 해당되는 부분으로 뇌와 척수가 이에 해당됨
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 톨루엔(Toluene)·크실렌(Xylene)·스티렌(Styrene) ·시클로헥산(Cyclohexane)·노말헥산(N-Hexane)· 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

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

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드라인은 직업성 질병을 유발할 수 있는 각 위험물질을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 각 시나리오별 대책을 담았습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌은 제6호 ‘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’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 59¹¹⁵⁾)

○ 유기용제 각 물질의 CAS No.은 톨루엔 108-88-3, 크실렌의 경우 3개의 이성질체가 있어 각 오쏘자일렌 95-47-6, 메타자일렌 108-38-3, 파라자일렌 106-42-3, 스티렌 100-42-5, 시클로헥산 110-82-7, 노말헥산 110-54-3, 트리클로로에틸렌 79-01-6입니다.

○ 유기용제 각 물질의 화학식은 톨루엔 C_7H_8 , 크실렌 C_8H_{10} , 스티렌 C_8H_8 , 시클로헥산 C_6H_{12} , 노말헥산 C_6H_{14} , 트리클로로에틸렌 C_2HCl_3 입니다.

○ 유기용제는 상온, 상압에서 휘발성이 있는 액체로 공기 중에 가스 형태로 존재할 수 있습니다.

○ 유기용제의 종류는 400가지 이상으로 매우 많으나 산업안전보건법에서 규정한 관리대상유해물질 중 유기화합물로는 117가지가 있습니다.

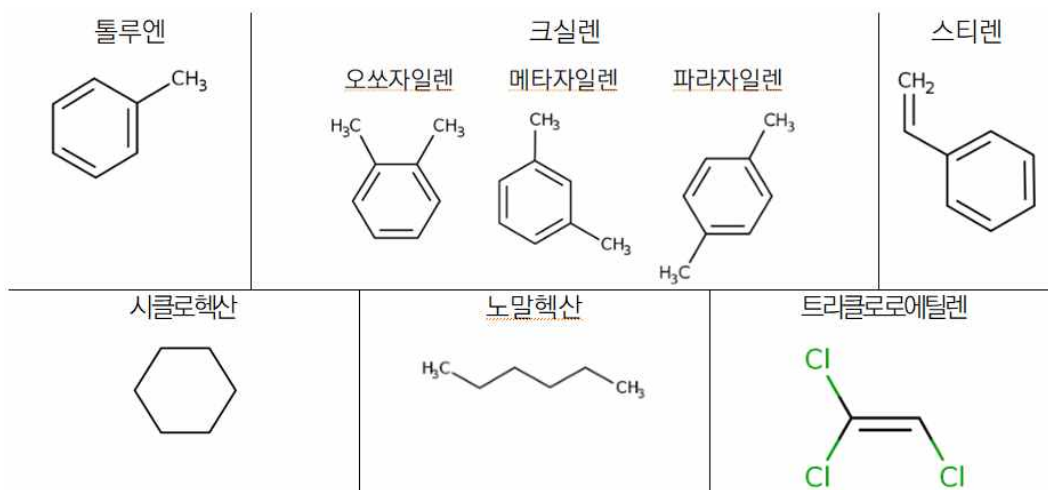
○ 유기용제는 유지(기름)가 있는 물질을 잘 녹이는 성질이 있는데 녹는 물질을 변화시키지 않아 유기용제 액체를 제거하면 물질 회수가 가능합니다.

○ 유기용제는 색이 없고 달콤한 냄새가 납니다.

○ 산업에서 유기용제는 플라스틱, 고무, 합성 섬유 등을 만들기 위해 사용되는 물질을 만들기 위해 사용됩니다. 고무, 염료(페인트), 세제, 살충제, 접착제를 만드는 데에도 사용됩니다.

115) <https://echa.europa.eu/>

그림 59. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 화학구조



2. 주로 어디에서 사용할까요?

○ 유기용제는 사용목적에 따라 단일 또는 혼합하여 사용되며 접착제 제조, 금속코팅, 인쇄잉크, 착색, 세척고무 및 가죽가공 등에 널리 사용됩니다. 실제 산업 현장에서는 유기용제는 단일보단 혼합으로 사용됩니다.

○ 유기용제를 사용 시 휘발성 유기화합물을 배출하므로 이로 비추어봤을 때, 도장시설에서 가장 많이 사용됩니다.

○ 유기용제는 사용목적에 따라 단일 또는 혼합하여 사용되며 접착제 제조, 금속코팅, 인쇄잉크, 착색, 세척고무 및 가죽가공 등에 널리 사용됩니다. 실제 산업 현장에서는 유기용제는 단일보단 혼합으로 사용됩니다.

○ 조선소 선박건조업의 선박도장작업(그림 60¹¹⁶⁾)에서 사용하는 페인트에 유기용제가 포함되어 있습니다. 방법에 따라 나뉘는 스프레이 도장과 붓 도장

116) 카인드마스터, 네이버 블로그, 선박도장(PAINT SPECIFICATION) 방법 / 현대미포조선도장모임, 다음 카페, 선박 도장 작업 / samsungshi, 삼성중공업 블로그, [선박건조 시리즈 6] 선박에 옷을 입히다, 선행도장편

모두 공기 중으로 유기용제가 노출되나, 특히 스프레이 도장에서 고농도의 유기용제가 포함된 미스트와 증기가 발생할 수 있습니다.

그림 60. 조선소 선박도장작업 흐름도



조각을 면으로 조립하여,
넓은 면은 스프레이로 분사하고 모서리,
구멍 등은 붓, 롤러도 칠함



조립된 선체 외부를 스프레이로 페인트를
분사함



밀폐된 선체 내부에 들어가
스프레이로 페인트를 분사함



밀폐된 선체 내부에서
스프레이가 닿지 못한 굴곡 부분이나
모서리를 붓으로 페인트칠함

○ 건축 바닥 방수작업을 위한 에폭시 도장작업(그림 61¹¹⁷⁾)에서 사용하는 방수 페인트에 유기용제가 포함되어 있습니다. 도장작업 시 휘발성이 있는 유

117) 방수세상 홈페이지, 에폭시 코팅 공사

기용제가 공기 중으로 증발하면서 호흡기를 통해 흡수될 수 있습니다.

그림 61. 에폭시 바닥도장작업 흐름도



바닥면을 그라인딩하고 크랙부위는 V커팅하여 정리하고 바닥표면의 먼지, 유분 등을 닦아냄



에폭시 하도 도장작업으로, 프라이머 주제와 경화제를 섞어 롤러와 붓으로 칠함



에폭시 상도(코팅) 도장작업으로, 상도 주제와 경화제를 혼합하여 롤러나 스프레이 등을 이용하여 칠하거나 뿌림

○ 인쇄출판업의 인쇄공정(그림 62¹¹⁸⁾)에서 사용하는 인쇄용 유성잉크에 유기용제가 포함되어 있습니다. 특히 종이에 직접 인쇄하지 않고 다른 판면을 이용해 찍어내는 그라비아와 오프셋 방법에서 노출 가능성이 높습니다.

118) 타미조, 유튜브, [안쇄소 탐방]디자이너가 궁금해 할 오프셋 인쇄 현장 둘러보기

그림 62. 인쇄출판업 옵셋인쇄작업 흐름도



인쇄될 종이를 급지부에 넣음



인쇄기 상단부에 있는 각 유닛별 잉크부에 잉크를 넣고 붓으로 퍼줌



PQC(Printing Quality Control)에서 데이터를 이용하여 잉크 농도를 조절함



인쇄가 되고 다면 기존 CTP판을 빼고 다음 CTP판으로 갈아끼움



인쇄 결과를 확인함

○ 신발제조업 중 구두제조공정에서 사용하는 접착제에 유기용제가 포함되어 있습니다. 특히 가죽 등 원자재에 접착제를 칠하고 갑피를 붙이는 작업, 중창과 갑피 사이에 접착제를 발라 붙이고 건조기를 이용하여 접착제를 건조하는 과정, 구두 내부에 접착제를 바르고 깔창을 넣어 붙이는 과정, 구두표면에 광택을 내기 위해 스프레이로 구두약을 뿌리는 작업 등에서 유기용제가 직접 노출되거나 가스로 노출될 수 있습니다.

○ 고무제품 제조업에서 원료고무에서 배합(합성)고무를 만들기 위해 첨가하는 배합제에 유기용제가 포함되어 있습니다. 배합제가 포함된 고무조각에 고온이 반복적으로 가해지면서 공기 중으로 증발하여 호흡기로 노출될 수 있습니다.

3. 왜 위험한가요?(그림 63)

○ 유기용제는 휘발성이 크므로 작업장 공기를 쉽게 오염시킬 수 있기 때문에 근로자의 호흡기로 흡수될 수 있습니다.

신경학적으로 어지러움, 구토, 두통, 몸 떨림 등이 나타날 수 있습니다.

○ 지방, 콜레스테롤 등 유지(기름)를 잘 녹이는 성질이 있기 때문에 피부로도 흡수될 수 있습니다. 피부에 노출되면 수포, 각질형 피부염이 발생할 수 있습니다.

○ 호흡기 또는 피부로 유기용제가 흡수되면 지방이 많은 체조직과 결합하여 주로 중추신경과 부신 등 중요기관에 장해를 줍니다.

○ 단기간에 고농도로 노출될 경우 졸음, 현기증, 급격한 심장박동, 두통, 떨림, 혼란감, 의식불명이 발생할 수 있고 매우 높은 농도로 흡입하게 되면 사망할 수 있습니다.

그림 63. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 위험표지

톨루엔    인화성 액체 피부부식성/ 흡인유해성 생식독성/ 특정표적장기독성	시클로헥산     인화성 액체 피부부식성/ 눈손상성/ 흡인유해성 특정표적장기독성 수생환경유해성
크실렌    인화성 액체 피부부식성/ 눈손상성/ 흡인유해성 특정표적장기독성	스티렌    인화성 액체 급성독성(흡입)/ 피부부식성/ 눈손상성/ 흡인유해성 발암성/생식독성/ 특정표적장기독성
트리클로로에틸렌   피부부식성/ 눈손상성 발암성/ 생식세포변이원성/ 특정표적장기독성	노말헥산     인화성 액체 흡인유해성 생식독성/ 특정표적장기독성 수생환경유해성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
----	----	-------	----

1	국내	2016년 4월 주택 신축공사 현장 지하실에서 오전부터 예폭시 바닥 방수 작업을 한 건설 단순 종사원이 당일 23시 근무 현장에서 의식 저하 상태로 발견되어 응급실로 이송 결과 독성/대사성 뇌병증을 진단 받음. 유기용제 물질별 노출 농도를 추정된 결과 유효환기량을 최대 15m ³ /min로 가정한 경우 총 유기화합물(TVOC) 농도는 1,039 ppm, 톨루엔 단독 노출 수준도 최대 500 ppm 이상이었을 것으로 판단되었음	독성/대사성 뇌병증
2	국내	1985년부터 25년간 인쇄회로기판 생산 공장에서 인쇄와 세척작업을 하며 다양한 유기용제에 노출되었고 기억력 저하 및 불안 등의 증상으로 병원 특진 소견 결과 이로 인해 만성독성뇌병증이 발생함	뇌병증
3	국내	4층 건물의 계단 도장작업을 총 3명이 맡아 4층에서 1층까지 약 3시간가량 도장작업을 하고 30분간 휴식한 후 4층에서부터 재차 도장작업을 하여 3층 계단을 작업하던 중 3명 모두 유기용제 급성중독으로 쓰러짐. 페인트의 성분은 톨루엔 20~30%, 크실렌 5~10%, 안료, 수지 60~75%였고, 신나의 성분은 톨루엔 85%, 초산에틸 8%, 메틸이소부틸케톤 7%였음. 도장작업 시에는 강제 환기 장치는 설치되어 있지 않았으며 건물의 창문은 대부분 닫혀있었음. 방독마스크는 근로자 3명 모두 착용하고 있었음	급성중독증세
4	국내	개인주택 욕실의 마무리도장작업을 하던 근로자 1명이 작업을 시작한 지 약 30분 후 기분이 나빠지면서 의식을 잃음. 도료는 우레탄수지계 도료로 그 성분은 초산에틸 13%, 초산부틸 8.4%, 크실렌 8.3%, 톨루엔 2%, 초산이소부틸 1.2%, 셀로솔브아세테이트 1.2%였음. 작업 중 욕실을 환기하지 않았고 문은 거의 닫힌 상태였으며, 방독마스크는 착용하지 않음	급성중독증세

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 21).

**표 21. 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 시클로헥산, 노말헥산, 트리클로로에틸렌 취급 시
착용 보호구**

보호구	종류	설명
마스크	방독마스크 	- 호흡기를 보호하고 접액을 막기 위해 전면형 착용 - 가스와 증기 독성으로부터 호흡기 보호 및 중독방지를 위함 - 호흡기, 피부보호를 위해 전면형 방독마스크 이상을 착용해야 함
	송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
보호복	화학물질용 보호복 	- 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	- 유기용제가 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 - 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	유기용제 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

- 보관 시,
 - 유기용제는 극산화성 액체 및 증기물질로 화재 및 폭발을 일으킬 수 있으니 주의해야 합니다.
 - 유기용제는 환기가 잘 되는 곳에 보관하고 낮은 온도를 유지해야 합니다.
- 작업습관은,
 - 유기용제는 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 유기용제를 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 말아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
 - 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
휘발성 유기화합물	대기 중으로 휘발되어 악취를 유발하고, 광화학반응에 의해 오존을 발생시키며, 2차 미세먼지의 원인물질이 되는 탄화수소화합물
각질형 피부염	가려움증, 수포, 붉어짐, 부기를 비롯해 각질이 일어나는 피부의 바깥층에 발생하는 염증
중추신경계	우리 몸의 여러 감각기관에서 받아들인 신경정보들을 모아 통합, 조정하는 중앙처리장치에 해당되는 부분으로 뇌와 척수가 이에 해당됨
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한
이산화질소(Nitrogen Dioxide)
자율안전보건 가이드
(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

7. 이산화질소에 노출되어 발생한 메트헤모글로빈혈증(methemoglobinemia), 청색증(靑色症) 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 이산화질소를 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 이산화질소는 제7호 ‘이산화질소에 노출되어 발생한 메틸헤모글로빈혈증(methemoglobinemia), 청색증(靑色症) 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 3ppm, STEL 5ppm
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 C 5ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 STEL 1 ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 0.2ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 STEL 1ppm

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 64¹¹⁹⁾)

그림 64. 이산화질소
화학구조

- 이산화질소의 CAS No.¹²⁰⁾은 10102-44-0입니다. 
- 화학식은 NO₂입니다.
- 산화질소, 과산화질소, 사산화아질소라고도 합니다.
- 이산화질소는 특 쓰는 냄새가 나는 빨간빛(혹은 갈색, 황색)으로 물에 잘 녹고 독성이 있습니다.
- 분해될 때는 질소산화물과 같은 유독가스와 증기를 발생시킵니다.

2. 주로 어디에서 사용하고 발생할까요?

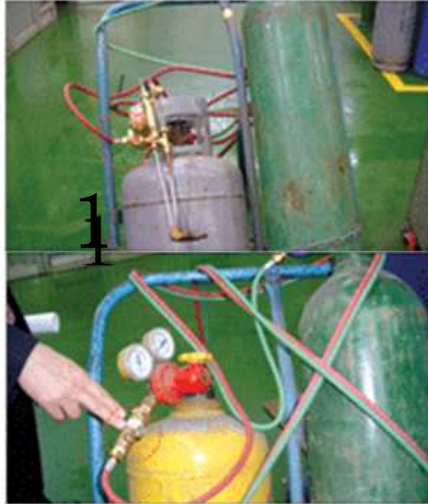
- 이산화질소는 질산염으로 금속 표면을 코팅하고 가공하는 공정, 황산 및 질산으로 원재료를 제조하는 공정, 질소섬유 및 광택이 나는 페인트를 제조하는 공정에서 사용합니다.
- 엔진의 유지보수 과정에서 발생하는 부산물, 농작업에서 사료나 퇴비 보관 시 밀폐공간에서 발생하는 부산물, 밀폐공간에서 산소토치작업(그림 65¹²¹⁾) 중 발생하는 부산물, 아이스하키 경기장에서 얼음 표면을 고르는 기계에서 발생하는 연소가스 등으로 이산화질소가 발생할 수 있습니다.

119) <https://echa.europa.eu/>

120) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유 번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

121) 박귀철 기자, 가스토치사고 예방대책없나, 가스신문 08.05.07.

그림 65. 산소/LPG 토치작업 흐름도



액화방지장치가 있는 산소/LPG 통을
밸브를 열



고압밸브를 풀어 불꽃으로
철판을 자르거나 펴

3. 왜 위험한가요?(그림 65)

○ 이산화질소는 코로 들이마시거나 눈, 피부에 접촉하는 등을 통해 인체로 노출됩니다. 코로 들이마셔 폐에 닿게 되면 이산화질소가 질소 흡을 형성하여 폐포벽을 자극합니다. 고농도에서는 폐에 심한 염증을 유발하여 폐부종을 유발할 수 있습니다.

○ 폐에 도달한 이산화질소는 혈액으로 흡수되고 혈액 내에서 메트헤모글로빈 형성을 유발하여 신체 내 조직으로 산소를 운반하는 것을 저해하는 메트헤모글로빈혈증을 유발할 수 있습니다.

○ 천식, 만성 폐쇄성 폐질환 등의 호흡기 관련 기저질환이 있는 근로자가 이산화질소에 노출되면 기저질환이 악화될 수 있습니다.

○ 눈 또는 코 점막을 자극하여 통증과 가려움증이 발생할 수 있습니다.

○ 특히 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 이산화질소에 노출되는 경우 가슴

통증, 호흡 곤란, 기침, 가슴 두근거림, 쉼쉼거림 등의 증상이 나타날 수 있습니다. 호흡기 기저질환이 있을 경우 적은 양(저농도)에서도 위 증상이 악화될 수 있습니다. 또한 목구멍(인후)이나 눈에 통증이 있을 수 있습니다.

그림 66. 이산화질소 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	제철소에서 평소 건강하게 근무하다 금속 제련 공정 과정 내 질산가스 운반도관에서 이산화질소가 누출되어 정비작업을 위해 마스크 등의 보호 장비 착용한 상태로 약 1시간가량 작업을 함. 작업 당시에는 약간의 기침만 있었으나 작업 6시간 후부터는 심한 호흡 곤란과 오심을 호소했고 병원으로 이송되어 청색증과 양측 폐에 파종성 경화소견을 보이는 등 급성 폐 손상을 진단 받음	청색증, 급성폐손상
2	국내	조선소에서 산소/LPG 토치를 이용하여 철판을 펴는 작업 후 용접과정에서 발생하는 이산화질소로 인해 작업 직후 호흡곤란이 나타남. 병원에 내원 후 미만성의 간유리음영 및 경화와 심한 저산소증을 보였고 급성폐부종을 진단받음.	급성폐부종

3	국내	질산을 이용한 발열공정작업 중 탱크가 누수되어 약 10분간 이산화질소를 흡입하며 수리작업을 함. 작업 4~5시간 후부터 호흡곤란이 발생하여 지역 병원에서 이산화질소 흡입에 의한 급성 폐부종을 진단받고 치료 후 회복되었으나 4일 후 다시 발열, 기침, 호흡곤란이 발생하였고 폐쇄성 세기관지염으로 재발하여 진단받음	폐쇄성 세기관지염
---	----	--	-----------

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

- 이산화질소를 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.
- 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

- 이산화질소에 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.
- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피하세요.

- TWA 3 ppm, STEL 5 ppm 초과하는 등 이산화질소 가스는 호흡기를 통해 빠르게 흡입되기 때문에 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 이후 근로자는 코와 입을 옷으로 감싸고 많은 양의 이산화질소를 흡입하지 않도록 숨을 참고 외부 공기가 있는 곳으로 나가야 합니다. 이후 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받아야 합니다.

○ 액상의 이산화질소가 눈에 노출될 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

또한 콘택트렌즈를 착용하고 있으면 즉시 눈에서 제거합니다.

○ 액상의 이산화질소가 피부에 노출될 경우 눈과 동일하게 흐르는 생리식염수로 15분 이상 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진단과 치료를 받습니다.

○ 입고 있던 옷은 즉시 벗고 물로 신체를 씻어야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 이산화질소 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 이산화질소 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않

습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다.
독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 작업 시 사용하는 유기용제와 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 22).

표 22. 이산화질소 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
보호복	화학물질용 보호복 	• 이산화질소는 피부로도 액체 및 증기로 흡수되므로 피부로의 접촉 및 흡수를 예방하기 위해 내화학용 보호복 착용 • 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 보관 시,

- 이산화질소는 가열하면 폭발할 수 있으므로 화기 및 고온 환경과 멀리 두어야 합니다.
- 일부는 공기, 습한 공기, 물과 격렬히 반응하므로 보관 공간을 습하지 않도록 관리하여야 합니다.

○ 작업 습관으로,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.
- 이산화질소 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 창문 등을 닫아서는 안 됩니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
흙	고체물질의 증기가 응고되거나 또는 기체물질의 화학반응으로 생긴 공기 중에 부유하는 고체입자 즉, 좋지 않은 냄새가 나는 연기로 미스트(미립자가 액체일 경우)와 비슷함
메트헤모글로빈혈증	혈중에 고농도의 메트헤모글로빈(헤모글로빈 분자 중 철이 3개로 산화된 것)이 존재하는 질
천식	폐 속에 있는 기관지가 아주 예민해진 상태로, 때때로 기관지가 좁아져서 숨이 차고 가랑가랑하는 숨소리가 들리면서 기침을 심하게 하는 증상을 나타내는 병
만성 폐쇄성 폐질환	기도에 염증이 지속되기 도가 좁아지면서 서서히 기도폐쇄가 일어나는 질환
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 이산화질소(Nitrogen Dioxide) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

7. 이산화질소에 노출되어 발생한 메트헤모글로빈혈증(methemoglobinemia), 청색증(靑色症) 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 이산화질소를 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 각 시나리오별 대책을 담았습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 이산화질소는 제7호 ‘이산화질소에 노출되어 발생한 메틸헤모글로빈혈증(methemoglobinemia), 청색증(靑色症) 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
 - 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 67¹²²⁾)

그림 67. 이산화질소
화학구조

- 이산화질소의 CAS No.¹²³⁾은 10102-44-0입니다.
- 화학식은 NO₂입니다.
- 산화질소, 과산화질소, 사산화아질소라고도 합니다.
- 이산화질소는 특 쓰는 냄새가 나는 빨간빛(혹은 갈색, 황색)으로 물에 잘 녹고 독성이 있습니다.
- 분해될 때는 질소산화물과 같은 유독가스와 증기를 발생시킵니다.

2. 주로 어디에서 사용하고 발생할까요?

- 이산화질소는 질산염으로 금속 표면을 코팅하고 가공하는 공정, 황산 및 질산으로 원재료를 제조하는 공정, 질소섬유 및 광택이 나는 페인트를 제조하는 공정에서 사용합니다.
- 엔진의 유지보수 과정에서 발생하는 부산물, 농작업에서 사료나 퇴비 보관 시 밀폐공간에서 발생하는 부산물, 밀폐공간에서 산소토치작업(그림 68¹²⁴⁾) 중 발생하는 부산물, 아이스하키 경기장에서 얼음 표면을 고르는 기계에서 발생하는 연소가스 등으로 이산화질소가 발생할 수 있습니다.

122) <https://echa.europa.eu/>

123) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유 번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

124) 박귀철 기자, 가스토치사고 예방대책없나, 가스신문 08.05.07.

그림 68. 산소/LPG 토치작업 흐름도



액화방지장치가 있는 산소/LPG 통을
밸브를 열



고압밸브를 풀어 불꽃으로
철판을 자르거나 펴

3. 왜 위험한가요?(그림 69)

○ 이산화질소는 코로 들이마시거나 눈, 피부에 접촉하는 등을 통해 인체로 노출됩니다. 코로 들이마셔 폐에 닿게 되면 이산화질소가 질소 흡을 형성하여 폐포벽을 자극합니다. 고농도에서는 폐에 심한 염증을 유발하여 폐부종을 유발할 수 있습니다.

○ 폐에 도달한 이산화질소는 혈액으로 흡수되고 혈액 내에서 메트헤모글로빈 형성을 유발하여 신체 내 조직으로 산소를 운반하는 것을 저해하는 메트헤모글로빈혈증을 유발할 수 있습니다.

○ 천식, 만성 폐쇄성 폐질환 등의 호흡기 관련 기저질환이 있는 근로자가 이산화질소에 노출되면 기저질환이 악화될 수 있습니다.

○ 눈 또는 코 점막을 자극하여 통증과 가려움증이 발생할 수 있습니다.

○ 특히 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 이산화질소에 노출되는 경우 가슴

통증, 호흡 곤란, 기침, 가슴 두근거림, 쉼쉼거림 등의 증상이 나타날 수 있습니다. 호흡기 기저질환이 있을 경우 적은 양(저농도)에서도 위 증상이 악화될 수 있습니다. 또한 목구멍(인후)이나 눈에 통증이 있을 수 있습니다.

그림 69. 이산화질소 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	제철소에서 평소 건강하게 근무하다 금속 제련 공정 과정 내 질산가스 운반도관에서 이산화질소가 누출되어 정비작업을 위해 마스크 등의 보호 장비 착용한 상태로 약 1시간가량 작업을 함. 작업 당시에는 약간의 기침만 있었으나 작업 6시간 후부터는 심한 호흡 곤란과 오심을 호소했고 병원으로 이송되어 청색증과 양측 폐에 파종성 경화소견을 보이는 등 급성 폐 손상을 진단 받음	청색증, 급성폐손상
2	국내	조선소에서 산소/LPG 토치를 이용하여 철판을 펴는 작업 후 용접과정에서 발생하는 이산화질소로 인해 작업 직후 호흡곤란이 나타남. 병원에 내원 후 미만성의 간유리음영 및 경화와 심한 저산소증을 보였고 급성폐부종을 진단받음.	급성폐부종

3	국내	질산을 이용한 발열공정작업 중 탱크가 누수되어 약 10분간 이산화질소를 흡입하며 수리작업을 함. 작업 4~5시간 후부터 호흡곤란이 발생하여 지역 병원에서 이산화질소 흡입에 의한 급성 폐부종을 진단받고 치료 후 회복되었으나 4일 후 다시 발열, 기침, 호흡곤란이 발생하였고 폐쇄성 세기관지염으로 재발하여 진단받음	폐쇄성 세기관지염
---	----	--	-----------

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 23).

표 23. 이산화질소 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
보호복	화학물질용 보호복 	- 이산화질소는 피부로도 액체 및 증기로 흡수되므로 피부로의 접촉 및 흡수를 예방하기 위해 내화학용 보호복 착용 - 가급적 3형식 이상을 착용하고 작업공간이 밀폐되어있을 경우 1형식을 착용함

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

○ 보관 시,

- 이산화질소는 가열하면 폭발할 수 있으므로 화기 및 고온 환경과 멀리 두어야 합니다.
- 일부는 공기, 습한 공기, 물과 격렬히 반응하므로 보관 공간을 습하지 않도록 관리하여야 합니다.

○ 작업 습관으로,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.
- 이산화질소 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 창문 등을 닫아서는 안 됩니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
흙	고체물질의 증기가 응고되거나 또는 기체물질의 화학반응으로 생긴 공기 중에 부유하는 고체입자 즉, 좋지 않은 냄새가 나는 연기로 미스트(미립자가 액체일 경우)와 비슷함
메트헤모글로빈혈증	혈중에 고농도의 메트헤모글로빈(헤모글로빈 분자 중 철이 3가로 산화된 것)이 존재하는 질
천식	폐 속에 있는 기관지가 아주 예민해진 상태로, 때때로 기관지가 좁아져서 숨이 차고 가랑가랑하는 숨소리가 들리면서 기침을 심하게 하는 증상을 나타내는 병
만성 폐쇄성 폐질환	기도에 염증이 지속되기 도가 좁아지면서 서서히 기도폐쇄가 일어나는 질환
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 황화수소(Hydrogen Sulfide) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

8. 황화수소에 노출되어 발생한 의식 소실(消失), 무호흡, 폐부종, 후각신경마비 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 황화수소를 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 황화수소는 제8호 ‘황화수소에 노출되어 발생한 의식 소실(消失), 무호흡, 폐부종, 후각신경마비 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	내용	
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 10ppm, STEL 15ppm
	화학물질관리법	유독물질	황화수소 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
		사고대비물질	황화수소 및 이를 25% 이상 함유한 혼합물
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 C 20ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 C 10 ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 1ppm, 5ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 STEL 15ppm, C 50ppm

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 70¹²⁵⁾)

- 황화수소의 CAS No.은 7783-06-4입니다.
- 화학식은 H_2S 입니다.
- 황화수소는 썩은 달걀냄새가 나고 색이 없는 기체로 그 자체로 독성이 있습니다.
- 공기보다 무겁고, 발화점이 낮고 발화범위가 넓어 폭발에 주의해야 합니다.

그림 70.
황화수소
화학구조



2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

- 황을 포함한 원유의 정제과정, 가축의 무두질 및 전처리 공정, 비스코스 레이온 생산 공정, 이황화탄소 또는 황을 함유하는 연료를 생성하는 공정 등에서 사용됩니다.
- 황을 포함한 광원을 다루는 지하 갱도, 가죽제조업 및 음식물발표업체의 폐기물 및 폐수처리장에서 부패한 유기물을 취급하는 공정, 유기물을 취급하는 컨테이너 등의 밀폐공간에서 부산물로 발생합니다.

3. 왜 위험한가요?(그림 71)

- 황화수소는 주로 코로 들이마셔 몸속으로 흡수됩니다. 몸속으로 흡수된 황화수소는 세포의 산소 호흡을 저해하여 생성되는 에너지가 줄어드는데 이로

125) <https://echa.europa.eu/>

인해 에너지가 많이 필요한 뇌, 심장 등의 조직이 손상됩니다.

○ 황화수소는 0.02 ppm 정도의 농도에서 특유의 달걀 썩은 냄새를 맡을 수 있으나 오랫동안 맡는 경우 후각이 피로해져 냄새를 맡지 못할 수 있습니다. 때문에 황화수소가 노출되었는지를 후각만으로 확인하는 것은 어렵습니다.

○ 또한 황화수소는 점막을 자극하기에 눈 통증, 인후(코 속) 통증, 가슴 통증 등을 느낄 수 있습니다.

○ 특히 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 이산화질소에 노출되는 경우 기침, 가슴통증, 호흡곤란, 목소리 변화, 두통, 어지럼증, 의식을 잃음, 눈 통증, 눈 부심, 피부가 아프거나 발갛게 부어오름, 가슴이 아프거나 두근거림 등의 증상이 발생할 수 있습니다.

○ 고농도의 황화수소에 노출될 경우 1~2회 호흡만으로도 의식을 잃고 사망할 수 있습니다.

그림 71. 황화수소 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇일까요?

순서	구분	노출 상황	재해 결과
1	국내	양돈농장 집수정 내부에 막힌 배관을 뚫기 위해 배관 하부 캡을 개방하는 작업을 실시했고 이때 배관에 가득한 돈분이 쏟아져 내리면서 근로자가 다량의 황화수소에 노출되어 의식을 잃고 쓰러졌고 결국 사망함. 작업자는 가스농도 측정 및 환기 없이 작업을 실시했음	사망
2	국내	양돈농장 분뇨처리시설로 연결된 배관이 노후화(추청)로 파손되어 분뇨가 누출되었고 출하장과 통로로 유입되어 이를 확인한 사업주가 분뇨가 외부로 유출되는 것을 막기 위해 출하장 내부로 들어갔고 이때 분뇨에서 발생한 황화수소가 출하장 내부로 확산되어 있어 사업주는 황화수소로 인한 질식으로 의식을 잃고 쓰러졌고 결국 사망함. 또한 사업주를 구조하기 위해 뒤따라 들어간 근로자 2명이 의식을 잃고 쓰러짐	사망, 의식소실
3	국내	금속가공회사의 반응조가 고장나 이를 처리하기 위해 혼자 반응조 내부로 들어갔을 때 반응조 내부에 있던 찌꺼기와 중화제의 화학반응에 의해 발생한 다량의 황화수소로 인해 급성중독으로 쓰러졌고 외부에 있던 다른 근로자가 쓰러진 근로자를 구하기 위해 반응조 내부로 들어갔다가 같이 쓰러져 10여 분 이상 방치되었고 결국 사망함	사망
4	국내	막힌 오수관 맨홀 안의 오수를 빼내고 다른 맨홀로 오수를 옮기는 작업인 오수관거 준설작업 도중 오수에서 부산물로 발생한 다량의 황화수소 가스로 인해 질식하여 사망함	사망
5	국내	전기 도금 작업 중 황화수소와 질산 증기에 5분 가량 노출된 근로자 2명에게 노출 직후 경미한 인후통이 나타났고 1~2시간 이후 호흡곤란이 발생하여 응급실로 이송함. 호흡곤란, 청색증 및 폐부종을 진단받고 치료받음	폐부종

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 황화수소를 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 적정 환기구를 설치하고 진입 전 적정공기를 확인해야 합니다.

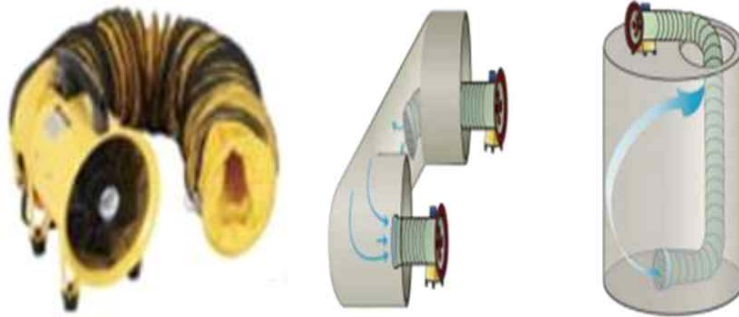
○ 밀폐 공간 내 적정 환기구(그림 72, 73¹²⁶⁾)를 설치하고 작업자가 내부로 진입 전, 후로 작동시켜야 합니다. 송풍기에 자바라를 붙여서 입구에서 1m 이상 가급적 작업 위치까지 밀어 넣고 작업자가 들어가기 전 15분 이상 공기를 불어넣어야 합니다. 또한 작업자가 들어간 후에도 계속 송풍기를 틀어놓아야 합니다.

○ 환기시간은 작업 공간의 크기, 구조 및 환기조건을 고려하여 조절하며 유해가스 발생량이 증가하는 경우 송풍기 대수를 증가시켜야 합니다.

○ 작업 전과 작업하는 도중 주기적으로 산소 및 유해가스 농도를 측정해야 합니다. 적정공기는 산소 18% 이상에서 23.5% 미만이며 황화수소는 10ppm 미만입니다.

126) 한국산업안전보건공단, KOSHA Alert 오수관거 준설작업 중 사망(2명) 발생, 2023.05.

그림 72. 송풍기 예시 그림 73. 올바른 환기구 설치 예시



2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피하세요.

○ TWA 10 ppm, STEL 15 ppm을 초과하는 등 황화수소 가스는 호흡기를 통해 빠르게 흡입되기 때문에 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 이후 근로자는 코와 입을 옷으로 감싸고 많은 양의 황화수소를 단기간에 흡입하지 않도록 숨을 참고 외부 공기가 있는 곳으로 나가야 합니다. 이후 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받아야 합니다.

2) 취급 및 비상조치 확인 및 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 황화수소 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업 시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 24).

표 24. 황화수소 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명																				
마스크	산가스용 방독마스크 	• 작업 시 반드시 마스크를 착용하여 황화수소를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 • 0~100ppm은 반면형, 101~300ppm은 전면형을 착용함																				
	전면형 송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 • 농도를 모르거나 비상 시엔 양압의 전면형 공기호흡기를 착용함																				
보호복	화학물질용 보호복 	• 피부에 닿는 것을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 • 3형식 또는 4형식(전신)을 착용함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 - 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 작업 습관으로,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.
- 황화수소가 발생할 수 있는 위험장소 내부로 들어갈 때는 진입 전 가스농도를 측정하여 적정공기 수준을 확인해야 합니다.
- 화재나 폭발을 일으킬 수 있으므로 절대 금연하고 모든 점화원을 제거해야 합니다.
- 황화수소 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다. 이때 송풍기에 자바라를 붙여서 가급적 작업 위치까지 밀어 넣습니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 황화수소(Hydrogen Sulfide) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

8. 황화수소에 노출되어 발생한 의식 소실(消失), 무호흡, 폐부종, 후각신경마비 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 황화수소를 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 황화수소는 제8호 ‘황화수소에 노출되어 발생한 의식 소실(消失), 무호흡, 폐부종, 후각신경마비 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 74¹²⁷⁾)

- 황화수소의 CAS No.은 7783-06-4입니다.
- 화학식은 H_2S 입니다.
- 황화수소는 썩은 달걀냄새가 나고 색이 없는 기체로 그 자체로 독성이 있습니다.
- 공기보다 무겁고, 발화점이 낮고 발화범위가 넓어 폭발에 주의해야 합니다.

그림 74.
황화수소
화학구조



2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

- 황을 포함한 원유의 정제공정, 가축의 무두질 및 전처리 공정, 비스코스 레이온 생산공정, 이황화탄소 또는 황을 함유하는 연료를 생성하는 공정 등에서 사용됩니다.
- 황을 포함한 광원을 다루는 지하 갱도, 가축제조업 및 음식물발표업체의 폐기물 및 폐수처리장에서 부패한 유기물을 취급하는 공정, 유기물을 취급하는 컨테이너 등의 밀폐 공간에서 부산물로 발생합니다.

3. 왜 위험한가요?(그림 75)

- 황화수소는 주로 코로 들어마셔 몸속으로 흡수됩니다. 몸속으로 흡수된 황화수소는 세포의 산소 호흡을 저해하여 생성되는 에너지가 줄어드는데 이로

127) <https://echa.europa.eu/>

인해 에너지가 많이 필요한 뇌, 심장 등의 조직이 손상됩니다.

○ 황화수소는 0.02 ppm 정도의 농도에서 특유의 달걀 썩은 냄새를 맡을 수 있으나 오랫동안 맡는 경우 후각이 피로해져 냄새를 맡지 못할 수 있습니다. 때문에 황화수소가 노출되었는지를 후각만으로 확인하는 것은 어렵습니다.

○ 또한 황화수소는 점막을 자극하기에 눈 통증, 인후(코 속) 통증, 가슴 통증 등을 느낄 수 있습니다.

○ 특히 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 이산화질소에 노출되는 경우 기침, 가슴통증, 호흡곤란, 목소리 변화, 두통, 어지럼증, 의식을 잃음, 눈 통증, 눈 부심, 피부가 아프거나 발갛게 부어오름, 가슴이 아프거나 두근거림 등의 증상이 발생할 수 있습니다.

○ 고농도의 황화수소에 노출될 경우 1~2회 호흡만으로도 의식을 잃고 사망할 수 있습니다.

그림 75. 황화수소 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇일까요?

순서	구분	노출 상황	재해 결과
1	국내	양돈농장 집수정 내부에 막힌 배관을 뚫기 위해 배관 하부 캡을 개방하는 작업을 실시했고 이때 배관에 가득한 돈분이 쏟아져 내리면서 근로자가 다량의 황화수소에 노출되어 의식을 잃고 쓰러졌고 결국 사망함. 작업자는 가스농도 측정 및 환기 없이 작업을 실시했음	사망
2	국내	양돈농장 분뇨처리시설로 연결된 배관이 노후화(추청)로 파손되어 분뇨가 누출되었고 출하장과 통로로 유입되어 이를 확인한 사업주가 분뇨가 외부로 유출되는 것을 막기 위해 출하장 내부로 들어갔고 이때 분뇨에서 발생한 황화수소가 출하장 내부로 확산되어 있어 사업주는 황화수소로 인한 질식으로 의식을 잃고 쓰러졌고 결국 사망함. 또한 사업주를 구조하기 위해 뒤따라 들어간 근로자 2명이 의식을 잃고 쓰러짐	사망, 의식소실
3	국내	금속가공회사의 반응조가 고장나 이를 처리하기 위해 혼자 반응조 내부로 들어갔을 때 반응조 내부에 있던 찌꺼기와 중화제의 화학반응에 의해 발생한 다량의 황화수소로 인해 급성중독으로 쓰러졌고 외부에 있던 다른 근로자가 쓰러진 근로자를 구하기 위해 반응조 내부로 들어갔다가 같이 쓰러져 10여 분 이상 방치되었고 결국 사망함	사망
4	국내	막힌 오수관 맨홀 안의 오수를 빼내고 다른 맨홀로 오수를 옮기는 작업인 오수관거 준설작업 도중 오수에서 부산물로 발생한 다량의 황화수소 가스로 인해 질식하여 사망함	사망
5	국내	전기 도금 작업 중 황화수소와 질산 증기에 5분 가량 노출된 근로자 2명에게 노출 직후 경미한 인후통이 나타났고 1~2시간 이후 호흡곤란이 발생하여 응급실로 이송함. 호흡곤란, 청색증 및 폐부종을 진단받고 치료받음	폐부종

제3장. 재해예방 조치사항

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 25).

표 25. 황화수소 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	산가스용 방독마스크 	• 작업 시 반드시 마스크를 착용하여 황화수소를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 • 0~100ppm은 반면형, 101~300ppm은 전면형을 착용함
	전면형 송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 • 농도를 모르거나 비상 시엔 양압의 전면형 공기호흡기를 착용함

보호복	화학물질용 보호복 	• 피부에 닿는 것을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 • 3형식 또는 4형식(전신)을 착용함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

○ 작업 습관으로,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.
- 황화수소가 발생할 수 있는 위험장소 내부로 들어갈 때는 진입 전 가스농도를 측정하여 적정공기 수준을 확인해야 합니다.
- 화재나 폭발을 일으킬 수 있으므로 절대 금연하고 모든 점화원을 제거해야 합니다.
- 황화수소 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다. 이때 송풍기에 자바라를 붙여서 가급적 작업 위치까지 밀어 넣습니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 시안화수소나 그 화합물(Hydrogen Cyanide and its compounds) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

9. 시안화수소나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 시안화수소나 그 화합물을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 시안화수소나 그 화합물은 제9호 ‘시안화수소나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	내용	
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 C 4.7ppm
	화학물질관리법	유독물질	무기시아 화합물 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물 (다만, 베를린청, 페로시아염, 페리시아염 및 그중 하나를 함유한 혼합물은 제외)
		사고대비물질	시아화수소 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 10ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 STEL 4.7 ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 C 4.7ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 C 4.7ppm

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 76¹²⁸⁾)

그림 76.
시안화수소
화학구조



- 시안화수소의 CAS No.¹²⁹⁾은 74-90-8입니다.
- 화학식은 HCN입니다.
- 청화수소, Prussic acid라고도 합니다. 물에 녹은 시안화수소는 사이안화 수소산, 청산, 액화 시안화수소산이라고 합니다.
- 시안화수소는 색이 없거나 옅은 파란색의 액체 형태로 물, 에테르, 에탄올 등에 끊임없이 잘 녹는 성질이 있습니다. 휘발성이 커서 쉽게 증발해서 퍼져나갑니다. 공기 중 농도가 5.6%를 넘어가면 폭발성이 있습니다. 약간 쓴 맛이 나며 일부 유전적 능력이 있는 사람만 아몬드 냄새(볶은 아몬드의 고소한 냄새가 아닌 생아몬드 종자를 쪄냈을 때 나는 냄새)가 납니다.
- 꼭 가스로 들이마시는 것뿐 아니라 먹든, 만지든 어떤 경로를 통해 흡수되어도 위험한 맹독성을 가지며 이 때문에 홀로코스트 당시 유대인들을 학살할 때 쓰였던 가스이기도 합니다.
- 화합물로 시안화나트륨과 시안화칼륨이 있습니다. 시안화나트륨은 흰색의 분말이나 덩어리로 건조 시엔 냄새가 나지 않으나 습하면 씩씩한 아몬드 냄새가 납니다. 시안화칼륨 또한 흰색의 분말로 씩씩한 아몬드 냄새가 납니다.

2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

128) <https://echa.europa.eu/>

129) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

○ 시안화수소를 물에 녹인 것을 시안화수소산이라고 하는데, 이는 공업용 원료로 광범위하게 사용되고 있습니다(그림 77¹³⁰⁾).

○ 시안화염의 제조, 전기도금 및 보석가공 공정, 합성고무의 생산과 플라스틱 합성 및 제조 공정, 곤충과 쥐 등에 대한 훈증작업, 짐승 가죽의 털 제거 작업, 제강공정, 코크스 오븐, 광선로 및 제철공정 등에서 사용되고 발생합니다. 또한 화재진압 과정에서 모직, 비단, 합성 플라스틱의 연소가스로 비산됩니다.

그림 77. 공업용 원료로 시안화나트륨을 옮겨 담는 수조



3. 왜 위험한가요?(그림 78)

○ 시안화수소나 그 화합물은 어떤 경로로도 몸속으로 쉽게 흡수될 수 있습니다. 코로 들이마시거나 입으로 삼키거나 피부에 닿는 경우 몸속으로 빠르게 흡수됩니다.

○ 시안화수소나 그 화합물은 산소를 이용하는 세포와 일부분과 결합하여 에너지가 생성되는 것을 저해하기 때문에 에너지가 많이 필요한 뇌, 심장 등

130) 정현용 기자, [단독] 23세 청년의 죽음...스스로 막을 수 없었다, 서울신문 2020.01.09.

의 주요 장기가 손상되거나 산소를 사용하지 못하여 발생하는 젓산 산증이 발생할 수 있습니다. 들이마시는 경우 독성을 일으켜 사망하기까지 수초에서 수분밖에 걸리지 않습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 시안화수소를 코로 들이마시거나 입으로 삼키거나 피부에 닿는 경우 두통, 어지러움, 감각 이상, 불안감, 무력감, 의식 소실, 호흡곤란, 가슴통증, 심장 두근거림, 구토, 배 통증, 설사, 눈 통증, 코 속 통증이 나타날 수 있습니다.

○ 중추신경계에 후유증이 남는 경우 수주에서 수개월 후에 운동장해, 보행 장애, 진전 등 파킨슨증후군과 같은 증상과 기억력 저하, 성격변화 등을 일으킬 수 있습니다.

그림 78. 시안화수소 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	사고 상황	결과
1131)	국내	탄소섬유공장의 산화오븐에서 오븐의 롤에 감긴 아크릴사를 제거하는 작업 중 오븐 내부에 축적된 아크릴사의 발열반응에 의한 축열 및 반응 시 발생된 시안화수소에 의한 화재가 발생하여 작업자 10명이 부상을 입었음.	부상

2132)	국내	도금 작업을 잘 모르는 초보자로 사고 전까지는 도금 공정에 투입되지 않았으나 사고 당일 해당 도금 작업 근로자가 자리를 비워 처음 투입되었음. 세부작업과정으로는 도금작업을 위한 시안화합물 용해액을 준비하는 것이었고 공장장의 지시를 받아 주말 동안 수고(약 45L) 2개에 담겨 있는 시안화나트륨이나 시안화칼륨 용해액을 사업장 바닥에 버린 뒤 수도물을 새로 받고 이후 약품 창고에서 시안화나트륨을 옮겨 와 두 개의 수조에 넣었음. 작업 수행 30분 후 근로자가 실신 및 경련하는 모습을 동료 근로자가 발견하여 즉시 응급실로 이송되었고 시안화수소에 의한 중독 증상으로 심한 산증, 신장 손상, 심한 뇌부종이 관찰됨. 최종적으로는 뇌기능 부전을 진단 받았고 요양병원으로 옮긴 후 사망함. 작업 당시 근로자는 호흡보호구를 착용하지 않았고 고무장갑, 장화, 앞치마를 착용하고 있었음. 위험성에 대한 안전교육도 받지 못했음.	사망
3133)	국내	도금사업장에서 도금액 보충을 위해 2명이 배합작업을 하던 중 어지럼증을 호소하였고 이후 의식저하로 쓰러져 응급실로 이송됨. 입원치료 후 공장으로 출근하였음. 물을 천천히 넣으면서 배합하던 평소와 달리 당일 퇴근시간이 다 되어 배합통에 물 20L를 한꺼번에 쏟아 넣으면서 다량의 시안화수소가 발생한 것이 원인으로 추정됨. 작업 당시 근로자는 유기용제용 방독마스크를 착용하고 있었음.	어지럼증, 의식저하

131) 안전보건공단, 화학물질 사고예방 2016-교육미디어-914

132) 함승헌 등, 도금 사업장 근로자에게 발생한 시안화수소 급성중독과 작업환경평가, 한

56) 한국산업보건학회지 2019;29(3):336-342

133) 안전보건공단, 시안화합물(시안화수소) 중독 발생 경보, 2022.05.

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 시안화수소나 그 화합물을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 시안화수소나 그 화합물에 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피하세요.

○ 작업시간 동안 잠시라도 2.5 ppm을 초과하는 등 시안화수소는 코로 들이마시든 입으로 마시든 피부로 닿든 모든 방법으로 몸속으로 빠르게 흡수될 수 있기 때문에 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간

에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 기체의 시안화수소나 그 화합물을 코로 들이마셨다면 즉시 코와 입을 옷으로 감싸고 많은 양의 시안화수소를 흡입하지 않도록 숨을 참고 외부 공기가 있는 곳으로 나갑니다. 이후 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받아야 합니다.

○ 액체의 시안화수소나 그 화합물 용액이 눈에 들어가면 즉시 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 많은 양의 생리식염수(혹은 물)를 15분 이상 흘려 세척합니다. 피부에 닿았다면 이 또한 즉시 흐르는 물에 15분 이상 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진단과 치료를 받습니다.

○ 구조자의 경우 시안화수소나 그 화합물을 입으로 마신 근로자의 토사물이나 시안화수소 용액에 젖은 옷 등은 구조 시 접촉하지 않도록 주의합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 시안화수소나 그 화합물 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수

있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 26).

표 26. 시안화수소나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 공기호흡기  헬멧형 송기마스크 	• 작업 시 반드시 전면형 공기호흡기나 헬멧형의 송기마스크를 착용하여 시안화수소를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 • 어느 농도에서든지 반면형은 불가함

보호복	화학물질용 보호복 	• 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 • 전용 개인 보호의를 갖도록 하고, 매일 깨끗한 것으로 교체하여 작업 전 착용하도록 함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 작업과정 시 화학물질이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 보관 시,

- 휘발성이 커서 쉽게 증발해서 퍼져나가므로 가스 형태로 발생한다면 즉시 회수할 수 있는 국소배기장치 등을 설치해야 합니다.
- 시안화수소나 그 화합물을 다룬 보관 탱크 등을 보수할 때는 완전히 탱크를 비운 후 물을 가득 채우고 비우기를 2회 반복한 후 신선한 공기로 퍼지해야 합니다.
- 시안화수소나 그 화합물이 누출된 부위가 있다면 밀폐와 폐쇄 방안을 마련 해두어야 합니다.

○ 작업 습관으로,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 시안화수소나 그 화합물 급성중

독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.

- 시안화수소나 그 화합물은 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 시안화수소나 그 화합물 증기 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.

- 시안화수소나 그 화합물 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 올바른 작업 방법을 준수하고 마스크, 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안 설비 위치를 확인해 두세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
젖산산증	체액에 젖산이 많이 축적되어 있는 산 염기 이상
파킨슨증후군	파킨슨병과 유사한 증상을 보이면서 이에 더하여 추가적인 증상을 보이는 질환
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 시안화수소나 그 화합물(Hydrogen Cyanide and its compounds) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

9. 시안화수소나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 시안화수소나 그 화합물을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 시안화수소나 그 화합물은 제9호 ‘시안화수소나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 79¹³⁴⁾)

그림 79.
시안화수소
화학구조



○ 시안화수소의 CAS No.¹³⁵⁾은 74-90-8입니다.

○ 화학식은 HCN입니다.

○ 청화수소, Prussic acid라고도 합니다. 물에 녹은 시안화수소는 사이안화 수소산, 청산, 액화 시안화수소산이라고 합니다.

○ 시안화수소는 색이 없거나 옅은 파란색의 액체 형태로 물, 에테르, 에탄올 등에 끊임없이 잘 녹는 성질이 있습니다. 휘발성이 커서 쉽게 증발해서 퍼져나갑니다. 공기 중 농도가 5.6%를 넘어가면 폭발성이 있습니다. 약간 쓴 맛이 나며 일부 유전적 능력이 있는 사람만 아몬드 냄새(북은 아몬드의 고소한 냄새가 아닌 생아몬드 종자를 쪄냈을 때 나는 냄새)가 납니다.

○ 꼭 가스로 들이마시는 것뿐 아니라 먹든, 만지든 어떤 경로를 통해 흡수되어도 위험한 맹독성을 가지며 이 때문에 홀로코스트 당시 유대인들을 학살할 때 쓰였던 가스이기도 합니다.

○ 화합물로 시안화나트륨과 시안화칼륨이 있습니다. 시안화나트륨은 흰색의 분말이나 덩어리로 건조 시엔 냄새가 나지 않으나 습하면 씩씩한 아몬드 냄새가 납니다. 시안화칼륨 또한 흰색의 분말로 씩씩한 아몬드 냄새가 납니다.

2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

134) <https://echa.europa.eu/>

135) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

○ 시안화수소를 물에 녹인 것을 시안화수소산이라고 하는데, 이는 공업용 원료로 광범위하게 사용되고 있습니다(그림 80¹³⁶⁾).

○ 시안화염의 제조, 전기도금 및 보석가공 공정, 합성고무의 생산과 플라스틱 합성 및 제조 공정, 곤충과 쥐 등에 대한 훈증작업, 짐승 가죽의 털 제거 작업, 제강공정, 코크스 오븐, 광선로 및 제철공정 등에서 사용되고 발생합니다. 또한 화재진압 과정에서 모직, 비단, 합성 플라스틱의 연소가스로 비산됩니다.

그림 80. 공업용 원료로 시안화나트륨을 옮겨 담는 수조



3. 왜 위험한가요?(그림 81)

○ 시안화수소나 그 화합물은 어떤 경로로도 몸속으로 쉽게 흡수될 수 있습니다. 코로 들이마시거나 입으로 삼키거나 피부에 닿는 경우 몸속으로 빠르게 흡수됩니다.

○ 시안화수소나 그 화합물은 산소를 이용하는 세포와 일부분과 결합하여 에너지가 생성되는 것을 저해하기 때문에 에너지가 많이 필요한 뇌, 심장 등

136) 정현용 기자, [단독] 23세 청년의 죽음...스스로 막을 수 없었다, 서울신문 2020.01.09.

의 주요 장기가 손상되거나 산소를 사용하지 못하여 발생하는 젖산 산증이 발생할 수 있습니다. 들이마시는 경우 독성을 일으켜 사망하기까지 수초에서 수분밖에 걸리지 않습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 시안화수소나 그 화합물을 코로 들이마시거나 입으로 삼키거나 피부에 닿는 경우 두통, 어지러움, 감각 이상, 불안감, 무력감, 의식소실, 호흡곤란, 가슴통증, 심장 두근거림, 구토, 배 통증, 설사, 눈 통증, 코 속 통증이 나타날 수 있습니다.

○ 중추신경계에 후유증이 남는 경우 수주에서 수개월 후에 운동장애, 보행장애, 진전 등 파킨슨증후군과 같은 증상과 기억력 저하, 인격변화 등을 일으킬 수 있습니다.

그림 81. 시안화수소 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	사고 상황	결과
1137)	국내	탄소섬유공장의 산화오븐에서 오븐의 롤에 감긴 아크릴사를 제거하는 작업 중 오븐 내부에 축적된 아크릴사의 발열반응에 의한 축열 및 반응 시 발생된 시안화수소에 의한 화재가 발생하여 작업자 10명이 부상을 입었음.	부상

2138)	국내	도금 작업을 잘 모르는 초보자로 사고 전까지는 도금 공정에 투입되지 않았으나 사고 당일 해당 도금 작업 근로자가 자리를 비워 처음 투입되었음. 세부작업과정으로는 도금작업을 위한 시안화합물 용해액을 준비하는 것이었고 공장장의 지시를 받아 주말 동안 수고(약 45L) 2개에 담겨 있는 시안화나트륨이나 시안화칼륨 용해액을 사업장 바닥에 버린 뒤 수돗물을 새로 받고 이후 약품 창고에서 시안화나트륨을 옮겨 와 두 개의 수조에 넣었음. 작업 수행 30분 후 근로자가 실신 및 경련하는 모습을 동료 근로자가 발견하여 즉시 응급실로 이송되었고 시안화수소에 의한 중독 증상으로 심한 산증, 신장 손상, 심한 뇌부종이 관찰됨. 최종적으로는 뇌기능 부전을 진단 받았고 요양병원으로 옮긴 후 사망함. 작업 당시 근로자는 호흡보호구를 착용하지 않았고 고무장갑, 장화, 앞치마를 착용하고 있었음. 위험성에 대한 안전교육도 받지 못했음.	사망
3139)	국내	도금사업장에서 도금액 보충을 위해 2명이 배합작업을 하던 중 어지럼증을 호소하였고 이후 의식저하로 쓰러져 응급실로 이송됨. 입원치료 후 공장으로 출근하였음. 물을 천천히 넣으면서 배합하던 평소와 달리 당일 퇴근시간이 다 되어 배합통에 물 20L를 한꺼번에 쏟아 넣으면서 다량의 시안화수소가 발생한 것이 원인으로 추정됨. 작업 당시 근로자는 유기용제용 방독마스크를 착용하고 있었음.	어지럼증, 의식저하

137) 안전보건공단, 화학물질 사고예방 2016-교육미디어-914

138) 함승현 등, 도금 사업장 근로자에게 발생한 시안화수소 급성중독과 작업환경평가, 한

56) 한국산업보건학회지 2019;29(3):336-342

139) 안전보건공단, 시안화합물(시안화수소) 중독 발생 경보, 2022.05.

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 27).

표 27. 시안화수소나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 공기호흡기  헬멧형 송기마스크 	• 작업 시 반드시 전면형 공기호흡기나 헬멧형의 송기마스크를 착용하여 시안화수소를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 • 어느 농도에서든지 반면형은 불가함
보호복	화학물질용 보호복 	• 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 • 전용 개인 보호의를 갖도록 하고, 매일 깨끗한 것으로 교체하여 작업 전 착용하도록 함

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 작업과정 시 화학물질이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함																				
		<table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
		시험항목		성능수준(Class)																		
6	5		4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 보관 시,

- 휘발성이 커서 쉽게 증발해서 퍼져나가므로 가스 형태로 발생한다면 즉시 회수할 수 있는 국소배기장치 등을 설치해야 합니다.
- 시안화수소나 그 화합물을 다룬 보관 탱크 등을 보수할 때는 완전히 탱크를 비운 후 물을 가득 채우고 비우기를 2회 반복한 후 신선한 공기로 퍼지해야 합니다.
- 시안화수소나 그 화합물이 누출된 부위가 있다면 밀폐와 폐쇄 방안을 마련해두어야 합니다.

○ 작업 습관으로,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 시안화수소나 그 화합물 급성중독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.
- 시안화수소나 그 화합물은 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 시안화수소나 그 화합물 증기 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.
- 시안화수소나 그 화합물 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 올바른 작업 방법을 준수하고 마스크, 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안설비 위치를 확인해 두세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
젖산산증	체액에 젖산이 많이 축적되어 있는 산 염기 이상
파킨슨증후군	파킨슨병과 유사한 증상을 보이면서 이에 더하여 추가적인 증상을 보이는 질환
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 불화수소(Hydrogen Fluoride)·불산 (Hydrofluoric Acid) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

10. 불화수소·불산에 노출되어 발생한 화학적 화상, 청색증, 폐수종, 후각신경마비 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 불화수소·불산을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 불화수소·불산은 제8호 ‘불화수소·불산에 노출되어 발생한 화학적 화상, 청색증, 폐수종, 후각신경마비 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	내용	
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 0.5 ppm, C 3ppm
		공정안전보고서(PSM) 제출대상유해위험물질	제조·취급·저장 500kg
	화학물질관리법	유독물질	플로오르화수소 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
		사고대비물질	플로오르화수소 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 3ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 3 ppm, C 6 ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 0.5 ppm, C 2 ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.4 ppm, STEL 1ppm

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 82¹⁴⁰⁾)

그림 82. 불화수소
화학구조

- 불화수소의 CAS No.¹⁴¹⁾은 7664-39-3입니다.
- 화학식은 HF입니다.
- 불화수소는 플루오린화 수소, 에칭가스, 불산은 플루오린화 수소산이라고도 합니다.
- 불화수소는 색이 없는 기체이지만 공기 중에 수분과 접촉하면 흰색의 흙을 발생합니다. 또한 강한 자극적인 냄새가 납니다.



2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

- 불화칼슘과 진한 황산을 반응시켜 불화수소를 제조 및 저장하거나 불화수소를 냉각시켜 액체의 불산을 제조 및 저장하는 곳에서 발생합니다(그림 83¹⁴²⁾).
- 유리를 서리 내리 듯 흐리게 하거나 식각 및 연마하는 용액, 금속 주조 물에서 모래를 제거하는 용액으로 사용되고 반도체를 제조할 때 실리콘 판(웨이퍼)의 식각, 나노미터 크기의 정교한 미세가공, 치약에 첨가하는 불소화합물 제조 등에 사용됩니다.

140) supernaturalpowers.fandom.com/ko/wiki/플루오린화수소_조작

141) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유 번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

142) 송고시간 기자, 「염산누출 사고업체, 맹독성 '불산황산'도 보관(종합)」, 연합뉴스 2013.01.13.

그림 83. 불화수소/불산 제조 및 저장 공정 누출 상황 예시



3. 왜 위험한가요?(그림 85)

- 불화수소는 주로 호흡기를 통해 노출됩니다. 코로 들이마실 경우 기관지와 폐포 내 점막에 염증을 유발하여 청색증 및 폐부종이 발생할 수 있습니다.
- 용매에 녹아있는 불화수소는 섭취를 통해서도 노출될 수 있습니다.
- 불화수소는 심한 눈 점막 자극 작용을 하여 손상을 유발할 수 있으며 눈 혹은 코(비강) 내 점막, 피부에 노출되면 노출된 부위의 화상(그림 84¹⁴³⁾)을 입을 수 있습니다.

그림 84. 불산에 의한 화상



- 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 불화수소를 코로 들이마시게 되면 가슴

143) 푸른하늘, 네이버 블로그, 화학물질/실내오염 불산의 위험성

통증, 호흡곤란, 기침 등이 나타나고 눈, 코 속에 닿는 경우 닿은 부위에 통증을 일으킵니다. 또한 혈중 칼슘, 마그네슘 농도가 감소하여 전해질 불균형으로 인한 부정맥이 발생합니다. 뼈에 작용하여 골절이 되거나 뼈 통증이 나타납니다.

그림 85. 불화수소, 불산 위험표지



피부부식성/
눈손상성



급성독성
(경구, 경피, 흡입)



수생환경유해성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	크로리로 이송해 온 99% 무수불산 용액을 공장 내부에 있는 저장탱크로 옮기는 작업을 위해 호스를 연결시키는 과정에서 부주의로 약 8톤의 불산이 유출되었음. 작업 중이던 근로자 5명 전원이 현장 또는 이송 중 사망하였고 19.5℃ 이상의 상온 하에서 기화하는 특성이 있는 불산이 공기 중으로 퍼져나가 지역주민들이 호흡기, 눈, 피부 등에 자극증상에 시달렸음.	사망
2	국내	세정제 원료를 생산하는 공정에서 촉매로 사용되는 불산을 순환시키는 펌프 고장으로 불산 약 100L가 누출되었음. 신속한 살수와 중화작업을 통해 대부분 방제되어 인명 피해는 발생하지는 않았음.	-

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 불화수소·불산을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 불산 용액에 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ TWA 0.5 ppm, 작업시간 동안 잠시라도 3 ppm을 초과하는 등 불화수소는 주로 증기 형태로 호흡기를 통해 몸 속으로 흡수되기 때문에 노출되었다

고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 이후 신선한 공기가 있는 곳으로 이동한 후 조용하고 따뜻한 곳에 눕고 되도록 빨리 산소를 들이마셔야 합니다. 근로자의 호흡이 멎었을 경우 동료 근로자가 즉시 인공호흡을 실시합니다.

○ 눈에 노출될 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다. 응급실로 이동 중에는 얼음으로 눈을 압박하고 문질러서는 안 됩니다.

○ 불산 용액이 신체로 쏟아지는 등 피부에 노출되는 경우 우선 입고 있던 옷을 벗어야 합니다. 충분히 많은 양의 찬물로 15분 이상 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진단과 치료를 받습니다.

적어도 5분 이상 씻은 후부터 언 0.13% Zephiran 용액(그림 86¹⁴⁴⁾)에 담그거나 깨끗한 수건에 용액을 적셔서 화상 부위에 2~4분 간격으로 통증이 적어질 때까지 압박하며 누릅니다. 이때 이 용액은 눈에 사용하면 안 됩니다.

144) Se Ho Shin et al. A Safe and Aseptic Method of Benzalkonium Chloride Dilution for Preoperative Facial Skin and Mucosa Preparation. J Wound Manag Res. 2022;18(2):114-118

그림 86. Zephiran 용액 예시



○ 입으로 삼킨 경우 역지로 구토를 유발해서는 안 됩니다¹⁴⁵⁾. 이후 즉시 응급실에 방문하여 전문과 진료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 불화수소/불산 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

145) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 역지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 역지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있음

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 물질자료를 최신화하세요.

○ 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다. 이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 28).

표 28. 불화수소/불산 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
-----	----	----

마스크	유기증기/산가스용 방독마스크 	• 작업 시 반드시 마스크를 착용하여 황화수소를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 • 0~5ppm은 전면형, 6~30ppm은 격리식을 착용함																				
	전면형 송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 • 농도를 모르거나 비상시엔 전면형 공기호흡기를 착용함																				
보호복	화학물질용 보호복 	• 불산 용액이 피부에 노출 시 화상을 입을 수 있기 때문에 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 작업과정 시 손에도 접촉될 위험이 있기 때문에 이를 보호하기 위해 화학물질용 안전장갑 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 • 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
보안경	고글형 보안경 	• 눈에 튀어 직접 접촉될 우려가 있는 경우를 대비하여 고글형 보안경 착용																				
안전화	화학물질용 안전화 	• 불산 용액이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 이송 및 보관 시,

- 이송 시 누출이 없도록 해야 하고 가스 형태로 발생한다면 즉시 회수할 수 있는 국소배기장치 등을 설치해야 합니다.
- 탱크로리, 저장탱크 등에 앞서 다른 화학물질을 저장했을 경우 내부를 깨끗이 청소한 후 불화수소/불산을 담아 저장해야 합니다.
- 부식 반응이 일어나지 않는 재질의 저장탱크, 배관을 사용해야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 불화수소/불산 급성중독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.
- 불화수소 증기 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.
- 불산 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 저장탱크 및 배관을 점검하고 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안 설비 위치를 확인해 두세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
청색증	혈액의 적절하지 않은 산소 양으로 발생하는 피부의 푸른 변
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
전해질 불균형	체내에서 항상성을 유지하는데 필수적인 역할을 하는 전해질이 과도하게 많거나 적어서 발생하는 불균형

부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 불화수소(Hydrogen Fluoride)·불산 (Hydrofluoric Acid) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

10. 불화수소·불산에 노출되어 발생한 화학적 화상, 청색증, 폐수종, 후각신경마비 등의 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 불화수소·불산을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 각 시나리오별 대책을 담았습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험 물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 불화수소·불산은 제8호 ‘불화수소·불산에 노출되어 발생한 화학적 화상, 청색증, 폐수종, 후각신경마비 등의 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
 - 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우
- 제2장. 급성중독

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 87¹⁴⁶⁾)

그림 87. 불화수소
화학구조

- 불화수소의 CAS No.¹⁴⁷⁾은 7664-39-3입니다.
- 화학식은 HF입니다.
- 불화수소는 플루오린화 수소, 에칭가스, 불산은 플루오린화 수소산이라고도 합니다.
- 불화수소는 색이 없는 기체이지만 공기 중에 수분과 접촉하면 흰색의 흡을 발생합니다. 또한 강한 자극적인 냄새가 납니다.



2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

- 불화칼슘과 진한 황산을 반응시켜 불화수소를 제조 및 저장하거나 불화수소를 냉각시켜 액체의 불산을 제조 및 저장하는 곳에서 발생합니다(그림 88¹⁴⁸⁾).
- 유리를 서리 내리 듯 흐리게 하거나 식각 및 연마하는 용액, 금속 주조 물에서 모래를 제거하는 용액으로 사용되고 반도체를 제조할 때 실리콘 판(웨이퍼)의 식각, 나노미터 크기의 정교한 미세가공, 치약에 첨가하는 불소화합물 제조 등에 사용됩니다.

146) supernaturalpowers.fandom.com/ko/wiki/플루오린화수소_조작

147) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유 번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

148) 송고시간 기자, 「염산누출 사고업체, 맹독성 ‘불산황산’도 보관(종합)」, 연합뉴스 2013.01.13.

그림 88. 불화수소/불산 제조 및 저장 공정 누출 상황 예시



3. 왜 위험한가요?(그림 90)

- 불화수소는 주로 호흡기를 통해 노출됩니다. 코로 들이마실 경우 기관지와 폐포 내 점막에 염증을 유발하여 청색증 및 폐부종이 발생할 수 있습니다.
- 용매에 녹아있는 불화수소는 섭취를 통해서도 노출될 수 있습니다.
- 불화수소는 심한 눈 점막 자극 작용을 하여 손상을 유발할 수 있으며 눈 혹은 코(비강) 내 점막, 피부에 노출되면 노출된 부위의 화상(그림 89¹⁴⁹⁾)을 입을 수 있습니다.

그림 89. 불산에 의한 화상



- 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 불화수소를 코로 들이마시게 되면 가슴

149) 푸른하늘, 네이버 블로그, 화학물질/실내오염 불산의 위험성

통증, 호흡곤란, 기침 등이 나타나고 눈, 코 속에 닿는 경우 닿은 부위에 통증을 일으킵니다. 또한 혈중 칼슘, 마그네슘 농도가 감소하여 전해질 불균형으로 인한 부정맥이 발생합니다. 뼈에 작용하여 골절이 되거나 뼈 통증이 나타납니다.

그림 90. 불화수소, 불산 위험표지



피부부식성/
눈손상성



급성독성
(경구, 경피, 흡입)



수생환경유해성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	크로리로 이송해 온 99% 무수불산 용액을 공장 내부에 있는 저장탱크로 옮기는 작업을 위해 호스를 연결시키는 과정에서 부주의로 약 8톤의 불산이 유출되었음. 작업 중이던 근로자 5명 전원이 현장 또는 이송 중 사망하였고 19.5℃ 이상의 상온 하에서 기화하는 특성이 있는 불산이 공기 중으로 퍼져나가 지역주민들이 호흡기, 눈, 피부 등에 자극증상에 시달렸음.	사망
2	국내	세정제 원료를 생산하는 공정에서 촉매로 사용되는 불산을 순환시키는 펌프 고장으로 불산 약 100L가 누출되었음. 신속한 살수와 중화작업을 통해 대부분 방제되어 인명 피해는 발생하지는 않았음.	-

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 29).

표 29. 불화수소/불산 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	유기증기/산가스용 방독마스크 	• 작업 시 반드시 마스크를 착용하여 황화수소를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 • 0~5ppm은 전면형, 6~30ppm은 격리식을 착용함
	전면형 송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 • 농도를 모르거나 비상시엔 전면형 공기호흡기를 착용함
보호복	화학물질용 보호복 	• 불산 용액이 피부에 노출 시 화상을 입을 수 있기 때문에 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 작업과정 시 손에도 접촉될 위험이 있기 때문에 이를 보호하기 위해 화학물질용 안전장갑 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
보안경	고글형 보안경 	• 눈에 튀어 직접 접촉될 우려가 있는 경우를 대비하여 고글형 보안경 착용																				
안전화	화학물질용 안전화 	• 불산 용액이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

○ 이송 및 보관 시,

- 이송 시 누출이 없도록 해야 하고 가스 형태로 발생한다면 즉시 회수할 수 있는 국소배기장치 등을 설치해야 합니다.
- 탱크로리, 저장탱크 등에 앞서 다른 화학물질을 저장했을 경우 내부를 깨끗이 청소한 후 불화수소/불산을 담아 저장해야 합니다.
- 부식 반응이 일어나지 않는 재질의 저장탱크, 배관을 사용해야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 불화수소/불산 급성중독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.

- 불화수소 증기 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.
- 불산 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 저장탱크 및 배관을 점검하고 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안 설비 위치를 확인해 두세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
청색증	혈액의 적절하지 않은 산소 양으로 발생하는 피부의 푸른 변
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
전해질 불균형	체내에서 항상성을 유지하는데 필수적인 역할을 하는 전해질이 과도하게 많거나 적어서 발생하는 불균형
부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 인(Phosphorus) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

11. 인[백린(白磷), 황린(黃磷) 등 금지물질에 해당하는 동소체(同素體)로 한정한다]이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
 - 3) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 인을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 인은 제11호 ‘인[백린(白燐), 황린(黃燐) 등 금지물질에 해당하는 동소체(同素體)로 한정한다]이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	분류	분류기준
국내	산업안전보건법	노출기준설정물질	노출기준 TWA 0.1 mg/m ³
		금지물질	황린 성냥
	위험물안전관리법	위험물(제2류 가연성고체의 적린)	지정수량 100kg
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.1 mg/m ³
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 0.1 mg/m ³
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 0.1 mg/m ³
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.1 mg/m ³

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

- 적린, 백린 등을 포함한 모든 인의 CAS No.은 7723-14-0입니다.
- 원자기호는 P입니다.
- 백린(또는 황린), 적린, 자린, 흑린 등의 여러 가지 동소체가 존재합니다. 백린은 누리끼리한 색, 흑린은 광택을 가진 검은 색, 적린은 성냥갑에 묻어있는 붉은 색입니다.
- 적린, 흑린 등은 공기 중에도 안정되나 백린은 공기 중에서 자연발화하기 쉬워 매우 위험합니다. 발화점이 60℃이며 산소를 차단하거나 물을 부어 불을 꺼도 공기와 다시 닿으면 몇 분 후 다시 활활 타오릅니다.
- 인산 비료의 주요 성분이기도 합니다. 또한 모든 생물 세포 안에서 발견됩니다. 燐(인)이라는 글자는 ‘도깨비불 린’으로 실제 도깨비불이 시체나 뿔속의 인이 공기 중에 발화하면서 일어나는 것이라 하여 시체 주위에 날아다니는 도깨비불을 본뵈었습니다. 반응성이 높아 자연 상태에서는 순수한 인의 형태로 존재하는 경우는 극히 드뭅니다.

2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

- 성냥(그림 91¹⁵⁰⁾), 농약(살충제)(그림 92¹⁵¹⁾), 화약(폭탄)(그림 93¹⁵²⁾), 치약, 세제, 비료, 식품첨가제, 합금 등에 쓰입니다.
- 국내의 인은 2013년 기준 3,557톤으로 2008년부터 수입량이 증가하고

150) 누리위키, 인

151) 동양테크놀 홈페이지, 톨앤샵 홈페이지

152) 한화뉴스, 「(주)한화, 중동·동남아 산업용 화학 시장 공략 강화」, 2019.02.13.

있습니다¹⁵³⁾.

○ 주로 인산 제조, 강철 제조, 화합물 반도체에 사용됩니다.

그림 91. 끝부분에 적린이
발라져 있는 성냥



그림 92. 인이 포함된
다양한 유기인계 살충제



그림 93. 국내 A 사업장 산업용 화학 생산 공장 모습



3. 왜 위험한가요?(그림 94)

○ 인은 코로 들이마시거나 입으로 삼키거나 피부에 닿는 경우 몸속으로 흡수됩니다.

○ 인은 피부에 약간의 마찰로도 불이 붙을 수 있으며 이로 인해 2~3도의 화상을 유발할 수 있습니다.

153) 한국희소금속산업기술센터, 6) 인 (Phosphorus, P)

또한 불이 붙기 시작하면 멈추기 쉽지 않고 인산 증기가 발생하여 코로 들이마실 위험이 있습니다.

○ 인 증기를 코로 들이마시게 되면 폐포 내 점막에 염증을 유발하여 폐부종이 발생할 수 있습니다.

○ 눈과 코에 묻게 되면 점막을 강하게 자극하면서 묻은 부위의 조직을 손상시킬 수 있습니다.

○ 백린의 경우 지용성 물질로 간과 신장을 괴사시킬 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 시안화수소를 코로 들이마시는 경우 호흡곤란, 기침, 가슴통증, 코와 목통증이 발생할 수 있고 눈이나 피부에 닿는 경우 눈 통증, 눈물 분비, 야경증, 피부 통증, 피부 발진이 발생할 수 있습니다. 또한 혈액 속 칼슘 농도가 줄어들어 부정맥이 나타날 수 있고 두근거리거나 의식을 잃고 쓰러질 수 있습니다.

그림 94. 인 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1154)	국내	화약 및 성냥 제조업에서 작업을 마치고 호스 등을 정리하는 작업을 하던 도중 호스 내에 백린이 굳어있는 것을 확인하고 드럼에 호스를 말아서 밀어 넣고 약 60℃의 물을 넣어 녹인 후 호스를 꺼내는 도중 호스와 호스 연결부가 빠지면서 호스 내에 있는 백린이 비산되어 피부에 튕. 튕 피부에 3도 화상을 입었음.	화상

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 인을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 인에 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

3) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.

○ 인이 사용되는 공정을 자동화하여 근로자가 인에 증기 혹은 분말의 형태로 노출되는 상황을 제거하는 것을 고려해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ TWA 0.1 mg/m³을 초과하는 등 인에 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 이후 동료 근로자와 구조대원 또한 인에 노출된 근로자를 구할 시 적절한 보호복과 마스크 등을 착용해야 합니다.

○ 눈에 노출될 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

○ 피부에 노출되는 경우 우선 입고 있던 옷을 벗고 다른 깨끗한 물로 적신 의복으로 노출된 부위를 덮어 불이 붙는 것을 막습니다.

○ 입으로 삼킨 경우, 억지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다¹⁵⁵⁾. 즉시 응급실에 방문하여 전문과 진료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

155) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 억지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 억지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있음

○ 근로자에게 인 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다.
독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.

이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 30).

표 30. 인 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 공기호흡기 	- 작업 시 반드시 전면형 공기호흡기나 헬멧형의 송기마스크를 착용하여 시안화수소를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 1~5 mg/m³이거나 농도를 모르는 경우 전면형 착용
	반면형, 전면형 송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 0~1 mg/m³의 경우 반면형을, 밀폐 공간에서 1~5 mg/m³의 경우 전면형 착용
	1급 방진마스크 ¹⁵⁶⁾ 	인 증기나 포스핀 가스가 없다면 1층 방진마스크도 사용 가능함
보호복	화학물질용 보호복 	- 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 전용 개인 보호의를 갖도록 하고, 매일 깨끗한 것으로 교체하여 작업 전 착용하도록 함

156) 3M 산업안전용품, 1급 방진마스크 8955

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 작업과정 시 화학물질이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	• 불산 용액이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 보관 시,

- 백린의 경우 공기 중에서도 자연발화하기 쉬워 불이 붙기 쉬우므로 물속에 담궈 보관하고 근로자로부터 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.

○ 작업 습관으로,

- 마스크, 보호복 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.
- 인 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 염화비닐을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
야경증	수면 중에 갑작스런 공포감과 불안감을 느끼면서 깨는 것
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 인(Phosphorus) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

11. 인[백린(白燐), 황린(黃燐) 등 금지물질에 해당하는 동소체(同素體)로 한정한다]이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 인을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 인은 제11호 ‘인[백린(白磷), 황린(黃磷) 등 금지물질에 해당하는 동소체(同素體)로 한정한다]이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
 - 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

- 적린, 백린 등을 포함한 모든 인의 CAS No.은 7723-14-0입니다.
- 원자기호는 P입니다.
- 백린(또는 황린), 적린, 자린, 흑린 등의 여러 가지 동소체가 존재합니다. 백린은 누리끼리한 색, 흑린은 광택을 가진 검은 색, 적린은 성냥갑에 묻어있는 붉은 색입니다.
- 적린, 흑린 등은 공기 중에도 안정되나 백린은 공기 중에서 자연발화하기 쉬워 매우 위험합니다. 발화점이 60℃이며 산소를 차단하거나 물을 부어 불을 꺼도 공기와 다시 닿으면 몇 분 후 다시 활활 타오릅니다.
- 인산 비료의 주요 성분이기도 합니다. 또한 모든 생물 세포 안에서 발견됩니다. 燐(인)이라는 글자는 ‘도깨비불 린’으로 실제 도깨비불이 시체나 뿔속의 인이 공기 중에 발화하면서 일어나는 것이라 하여 시체 주위에 날아다니는 도깨비불을 본뿔었습니다. 반응성이 높아 자연 상태에서는 순수한 인의 형태로 존재하는 경우는 극히 드뭅니다.

2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

- 성냥(그림 95¹⁵⁷⁾), 농약(살충제)(그림 96¹⁵⁸⁾), 화약(폭탄)(그림 97¹⁵⁹⁾), 치약, 세제, 비료, 식품첨가제, 합금 등에 쓰입니다.
- 국내의 인은 2013년 기준 3,557톤으로 2008년부터 수입량이 증가하고

157) 누리위키, 인

158) 동양테크놀 홈페이지, 톨앤샵 홈페이지

159) 한화뉴스, 「(주)한화, 중동·동남아 산업용 화학 시장 공략 강화」, 2019.02.13.

있습니다¹⁶⁰⁾.

○ 주로 인산 제조, 강철 제조, 화합물 반도체에 사용됩니다.

그림 95. 끝부분에 적린이
발라져 있는 성냥



그림 96. 인이 포함된
다양한 유기인계 살충제



그림 97. 국내 A 사업장 산업용 화학 생산 공장 모습



3. 왜 위험한가요?(그림 98)

○ 인은 코로 들이마시거나 입으로 삼키거나 피부에 닿는 경우 몸속으로 흡수됩니다.

○ 인은 피부에 약간의 마찰로도 불이 붙을 수 있으며 이로 인해 2~3도의 화상을 유발할 수 있습니다.

160) 한국희소금속산업기술센터, 6) 인 (Phosphorus, P)

또한 불이 붙기 시작하면 멈추기 쉽지 않고 인산 증기가 발생하여 코로 들이마실 위험이 있습니다.

○ 인 증기를 코로 들이마시게 되면 폐포 내 점막에 염증을 유발하여 폐부종이 발생할 수 있습니다.

○ 눈과 코에 묻게 되면 점막을 강하게 자극하면서 묻은 부위의 조직을 손상시킬 수 있습니다.

○ 백린의 경우 지용성 물질로 간과 신장을 괴사시킬 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 시안화수소를 코로 들이마시는 경우 호흡곤란, 기침, 가슴통증, 코와 목통증이 발생할 수 있고 눈이나 피부에 닿는 경우 눈 통증, 눈물 분비, 야경증, 피부 통증, 피부 발진이 발생할 수 있습니다. 또한 혈액 속 칼슘 농도가 줄어들어 부정맥이 나타날 수 있고 두근거리거나 의식을 잃고 쓰러질 수 있습니다.

그림 98. 인 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1161)	국내	화약 및 성냥 제조업에서 작업을 마치고 호스 등을 정리하는 작업을 하던 도중 호스 내에 백린이 굳어있는 것을 확인하고 드럼에 호스를 말아서 밀어 넣고 약 60℃의 물을 넣어 녹인 후 호스를 꺼내는 도중 호스와 호스 연결부가 빠지면서 호스 내에 있는 백린이 비산되어 피부에 튕. 튕 피부에 3도 화상을 입었음.	화상

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 31).

표 31. 인 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 공기호흡기 	• 작업 시 반드시 전면형 공기호흡기나 헬멧형의 송기마스크를 착용하여 시안화수소를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 • 1~5 mg/m³이거나 농도를 모르는 경우 전면형 착용
	반면형, 전면형 송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 • 0~1 mg/m³의 경우 반면형을, 밀폐 공간에서 1~5 mg/m³의 경우 전면형 착용
	1급 방진마스크 ¹⁶²⁾ 	• 인 증기나 포스핀 가스가 없다면 1층 방진마스크도 사용 가능함

161) 안전보건공단, 통계 재해자 리스트

162) 3M 산업안전용품, 1급 방진마스크 8955

보호복	화학물질용 보호복 	• 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 • 전용 개인 보호의를 갖도록 하고, 매일 깨끗한 것으로 교체하여 작업 전 착용하도록 함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 작업과정 시 화학물질이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	• 불산 용액이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

- 보관 시,
 - 백린의 경우 공기 중에서도 자연발화하기 쉬워 불이 붙기 쉬우므로 물속에 담귀 보관하고 근로자로부터 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.
- 작업 습관으로,
 - 마스크, 보호복 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.
 - 인 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.
 - 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 염화비닐을 취급하거나 보관하는 곳에서는

음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
야경증	수면 중에 갑작스런 공포감과 불안감을 느끼면서 깨는 것
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 카드뮴이나 그 화합물(Cadmium and its compounds) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

12. 카드뮴이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 카드뮴이나 그 화합물을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 카드뮴이나 그 화합물은 제12호 ‘카드뮴이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다. 징역 또는 10억 원 이하의 벌금에 처합니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

구분	법·규제기관	분류	분류기준
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 0.01 mg/m ³ (호흡성 0.002 mg/m ³)
		허용기준설정물질	노출기준 TWA 0.01 mg/m ³ (호흡성 0.002 mg/m ³)
		특별관리물질	-
	화학물질관리법	제한물질	카드뮴 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
		유독물질	카드뮴과 그 화합물 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물 다만, 염화 카드뮴, 탄산 카드뮴, 불화붕소산 카드뮴, 질산 카드뮴, 산화 카드뮴, 황산 카드뮴, 황화 카드뮴을 제외한 카드뮴화합물의 경우는 이를 25% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	제2류 금속분	지정수량 500kg
국외	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		Ca(잠재적 직업성 발암물질)
	ACGIH(산업위생전문가협의회)		허용한계값 TWA 0.01 mg/m ³ (호흡성 0.002 mg/m ³)
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.005 mg/m ³

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

○ 카드뮴이나 그 화합물의 대표적인 CAS No.은 카드뮴 7440-43-9, 산화카드뮴 1306-19-0, 질산카드뮴 10325-94-7, 염화카드뮴 10108-64-2, 황산카드뮴 10124-36-4 등이 있습니다.

○ 카드뮴이나 그 화합물의 대표적인 화학식은 카드뮴 Cd, 산화카드뮴 CdO, 질산카드뮴 CdN₂O₆, 염화카드뮴 CdCl₂, 황산카드뮴 CdO₄S 등이 있습니다.

○ 카드뮴은 카드뮴 블루, 카드뮴 콜로이드라고도 합니다.

○ 부드럽고 은백색에 광택이 있는 금속입니다. 칼로 자를 수 있을 만큼 부드럽고 전기 전도성이 뛰어납니다. 공기, 물, 토양 등에 자연적으로 소량 존재하고 뚜렷한 맛이나 냄새는 없습니다. 물에는 잘 녹지 않으나 산, 질산암모늄에 잘 녹습니다.

○ 카드뮴 화합물로는 산화카드뮴, 질산카드뮴, 염화카드뮴, 황산카드뮴 등이 있습니다. 이러한 카드뮴 화합물은 독성이 있습니다.

○ 4대 공해병 중 하나인 이타이이타이병을 일으킨 원인이기도 합니다. 일본 토야마 현의 진즈 강 유역 농가 고령주부에게 많이 발견된 병으로 처음에는 아픔을 호소하다가 점점 걸을 수 없게 되어 마지막에는 ‘이타이이타이(아파!아파!)’라고 외치며 죽어간다고 해서 병 이름이 지어졌습니다. 근처 금속 광업 사무소에서 흘러나온 광독에 섞인 카드뮴이 식수, 농업용수로 흘러들어간 것이 원인으로 이를 사용한 주민들에게 발병한 사건입니다(그림 99¹⁶³⁾).

163) LG케미토피아, 원소로 보는 화학사 Vol.031. ‘원자번호 48번 카드뮴(Cd)을 소개합니다’

그림 99. 카드뮴에 의한 이타이이타이병에 걸린 사람들



2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

○ 카드뮴이 가장 많이 쓰이는 곳은 페인트, 물감 등의 도료입니다. 또한 항공 산업에서 전기도금한 판을 제작할 때 카드뮴이 때로 도금(그림 100¹⁶⁴⁾)에 사용됩니다.

○ 카드뮴이 가장 많이 발생하는 곳은 합금작업, 코팅 금속의 산소 아세틸렌 절단과정, 카드뮴이 함유된 금속 제련·용해·정련 과정, 카드뮴 안정제 배합 과정, 도장 공정(그림 101¹⁶⁵⁾) 등이 있습니다.

○ 카드뮴 판이 음극을 이루고 있는 니켈카드뮴 2차전지(NiCad)에 사용되고 최근에는 수소화금속니켈(NiMH) 전지에 더 많이 사용되고 있습니다.

○ 2004년 기준 국내에서 1,597톤의 카드뮴을 생산하였고 100톤을 소비했습니다. 또한 카드뮴 취급 사업장은 2003년 기준 247개가 있습니다.

164) <https://www.electroloh.com/cadmium.html>

165) 코텍 홈페이지, 표면처리기술 습식도금

그림 101. 카드뮴 습식도금 사업장



그림 100. 카드뮴 도금 결과



3. 왜 위험한가요?(그림 102)

○ 카드뮴은 주로 코로 들어마서 몸속으로 흡수됩니다. 입으로 삼켜 흡수되는 것도 가능합니다. 피부에 닿아 흡수되는 경우는 거의 없습니다.

○ 카드뮴의 입자 크기가 작을수록 폐의 폐포로 도달하기 쉽습니다. 입자 크기가 $0.1\mu\text{m}$ 로 작은 경우 폐포로 도달하는 데 반면 $10\mu\text{m}$ 로 큰 경우 폐포에 도달하기 전인 상기도에 남습니다.

○ 카드뮴이 폐포에 도달하면 폐포 내 세포를 손상시키고 발열, 오한 등을 포함한 금속열을 유발합니다. 이후로 더욱 몸속으로 흡수되어 신장에 영향을 미쳐 신장을 손상시키고 세포가 딱딱해지는 섬유화가 발생합니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 카드뮴 증기를 코로 들어마시는 경우 호흡곤란, 기침, 가슴통증, 발열, 오한이 발생할 수 있고 신장에 영향을 미쳐 소변량 변화, 부종, 구역, 구토가 발생할 수 있습니다. 눈과 피부에 노출될 경우 눈 통증, 눈물 증가, 피부 통증이 나타납니다.

○ 무엇보다 카드뮴은 사랑에 대한 발암성 물질로 폐암을 유발하는 것으로 알려져 있습니다.

그림 102. 카드뮴 위험표지

카드뮴, 산화카드뮴



생식세포변이원성
/발암성/생식독성
/특정표적장기독성

급성독성(흡입)

수생생물유해성

염화카드뮴, 황산카드뮴



생식세포변이원성
/발암성/생식독성
/특정표적장기독성

급성독성
(경구, 흡입)

수생생물유해성

질산카드뮴



생식세포변이원성
/발암성/생식독성
/특정표적장기독성

급성독성
(경구, 경피, 흡입)

수생생물유해성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1166)	국내	지상에서 약 30m 떨어져있는 테레프탈산 제조반응탑에서 소판교체를 위해 소판 볼트를 가스로 용단하는 작업을 3일 간 수행한 작업자 12명 중 8명이 카드뮴 급성중독 증상을 호소해 응급실로 이송됨. 작업 종료 1시간 반~2시간 후에 두통, 구토, 인후의 이상감, 흉통, 가슴 답답함, 크게 숨을 쉴 수 없음 등의 증상이 나타났고 원인으로는 탄산카드뮴이 가스용단 시 고열로 인해 산화카드뮴 흠으로 나타나 근로자가 흡입한 것으로 추정하였음.	두통, 구토, 숨 쉬기 어려움 등
2167)	국외	은납을 이용한 스테인리스 금속 납땜을 하던 근로자 2명이 납땜을 시작한 지 3시간 이후 기침을 하였고 이후 3일간 기침이 계속되어 응급실에 방문하였음. 그중 호흡보호구를 착용하지 않은 1명은 응급실로 이송되었지만 인후통과 호흡곤란, 청색증, 목의 발진을 호소하다 2일 뒤 사망하였고 호흡보호구를 착용하고 있던 1명은 치료 후 회복하였음. 은납에는 20~30%의 카드뮴이 함유되어 있었고 고열로 카드뮴 흠으로 흡입한 것으로 추정됨.	사망

166) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

167) Seidal, K., Jørgensen, N., Elinder, C. G., Sjögren, B., & Vahter, M. (1993). Fatal cadmium-induced pneumonitis. Scandinavian journal of work, environment & health, 429-431.

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 카드뮴이나 그 화합물을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.

○ 카드뮴이나 그 화합물이 사용되는 공정을 자동화하여 근로자가 인에 증기 혹은 분말의 형태로 노출되는 상황을 제거하는 것을 고려해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ 카드뮴 TWA 0.01 mg/m^3 (호흡성의 경우 0.002 mg/m^3)을 초과하는 등 카드뮴이나 그 화합물에 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 동료 근로자와 구조대원 또한 인에 노출된 근로자를 구할 시 적절한 보호복과 마스크 등을 착용해야 합니다.

○ 카드뮴이나 그 화합물 증기가 눈에 노출될 경우 고개를 바닥으로 숙이고

옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

○ 입으로 삼킨 경우, 억지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다¹⁶⁸⁾. 즉시 응급실에 방문하여 전문과 진료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 카드뮴이나 그 화합물 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

168) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 억지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 억지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도으로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있음

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다.
독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 32).

표 32. 카드뮴이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
-----	----	----

마스크	반면형 방진마스크 	• 작업 시 반면형 방진마스크를 착용하여 카드뮴 증기를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 • 0~0.3 mg/m³의 경우 반면형, 0.4~9 mg/m³의 경우 전면형 착용
	송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 • 0~0.3 mg/m³의 경우 반면형, 0.4 이상이거나 농도를 모르는 경우 전면형 착용

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 보관 시,

- 카드뮴이나 그 화합물의 경우 근로자에게 노출을 최소화하기 위해 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.

- 고열에는 흡으로 발생하기 때문에 화기나 고열 근처에 두지 않습니다.

○ 작업 습관으로,

- 마스크 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.

- 카드뮴이나 그 화합물 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.

- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 카드뮴 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
금속열	지연성(8~12시간 후)으로 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴지는 증상
부종	혈관 안의 체액(물)이 혈관 밖으로 빠져나가 신체의 세포와 세포 사이에 비정상적으로 축적되는 현상으로 몸 전체나 특정 부위가 부음
오한	몸이 오슬오슬 춥고 떨리는 증상
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 카드뮴이나 그 화합물(Cadimium and its compounds) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

12. 카드뮴이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 각 위험물질을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다..

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 카드뮴이나 그 화합물은 제12호 ‘카드뮴이나 그 화합물에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

○ 카드뮴이나 그 화합물의 대표적인 CAS No.은 카드뮴 7440-43-9, 산화카드뮴 1306-19-0, 질산카드뮴 10325-94-7, 염화카드뮴 10108-64-2, 황산카드뮴 10124-36-4 등이 있습니다.

○ 카드뮴이나 그 화합물의 대표적인 화학식은 카드뮴 Cd, 산화카드뮴 CdO, 질산카드뮴 CdN₂O₆, 염화카드뮴 CdCl₂, 황산카드뮴 CdO₄S 등이 있습니다.

○ 카드뮴은 카드뮴 블루, 카드뮴 콜로이드라고도 합니다.

○ 부드럽고 은백색에 광택이 있는 금속입니다. 칼로 자를 수 있을 만큼 부드럽고 전기 전도성이 뛰어납니다. 공기, 물, 토양 등에 자연적으로 소량 존재하고 뚜렷한 맛이나 냄새는 없습니다. 물에는 잘 녹지 않으나 산, 질산암모늄에 잘 녹습니다.

○ 카드뮴 화합물로는 산화카드뮴, 질산카드뮴, 염화카드뮴, 황산카드뮴 등이 있습니다. 이러한 카드뮴 화합물은 독성이 있습니다.

○ 4대 공해병 중 하나인 이타이이타이병을 일으킨 원인이기도 합니다. 일본 토야마 현의 진즈 강 유역 농가 고령주부에게 많이 발견된 병으로 처음에는 아픔을 호소하다가 점점 걸을 수 없게 되어 마지막에는 ‘이타이이타이(아파!아파!)’라고 외치며 죽어간다고 해서 병 이름이 지어졌습니다. 근처 금속 광업 사무소에서 흘러나온 광독에 섞인 카드뮴이 식수, 농업용수로 흘러들어간 것이 원인으로 이를 사용한 주민들에게 발병한 사건입니다(그림 103¹⁶⁹⁾).

169) LG케미토피아, 원소로 보는 화학사 Vol.031. ‘원자번호 48번 카드뮴(Cd)을 소개합니다’

그림 103. 카드뮴에 의한 이타이이타이병에 걸린 사람들



2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

○ 카드뮴이 가장 많이 쓰이는 곳은 페인트, 물감 등의 도료입니다. 또한 항공 산업에서 전기도금한 판을 제작할 때 카드뮴이 때로 도금(그림 104¹⁷⁰⁾)에 사용됩니다.

○ 카드뮴이 가장 많이 발생하는 곳은 합금작업, 코팅 금속의 산소 아세틸렌 절단과정, 카드뮴이 함유된 금속 제련·용해·정련 과정, 카드뮴 안정제 배합 과정, 도장 공정(그림 105¹⁷¹⁾) 등이 있습니다.

○ 카드뮴 판이 음극을 이루고 있는 니켈카드뮴 2차전지(NiCad)에 사용되고 최근에는 수소화금속니켈(NiMH) 전지에 더 많이 사용되고 있습니다.

○ 2004년 기준 국내에서 1,597톤의 카드뮴을 생산하였고 100톤을 소비했습니다. 또한 카드뮴 취급 사업장은 2003년 기준 247개가 있습니다.

170) <https://www.electroloh.com/cadmium.html>

171) 코텍 홈페이지, 표면처리기술 습식도금

그림 104. 카드뮴 도금 결과



그림 105. 카드뮴 습식도금 사업장



3. 왜 위험한가요?(그림 106)

○ 카드뮴은 주로 코로 들어마셔 몸속으로 흡수됩니다. 입으로 삼켜 흡수되는 것도 가능합니다. 피부에 닿아 흡수되는 경우는 거의 없습니다.

○ 카드뮴의 입자 크기가 작을수록 폐의 폐포로 도달하기 쉽습니다. 입자 크기가 $0.1\mu\text{m}$ 로 작은 경우 폐포로 도달하는 데 반면 $10\mu\text{m}$ 로 큰 경우 폐포에 도달하기 전인 상기도에 남습니다.

○ 카드뮴이 폐포에 도달하면 폐포 내 세포를 손상시키고 발열, 오한 등을 포함한 금속열을 유발합니다. 이후로 더욱 몸속으로 흡수되어 신장에 영향을 미쳐 신장을 손상시키고 세포가 딱딱해지는 섬유화가 발생합니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 카드뮴 증기를 코로 들어마시는 경우 호흡곤란, 기침, 가슴통증, 발열, 오한이 발생할 수 있고 신장에 영향을 미쳐 소변량 변화, 부종, 구역, 구토가 발생할 수 있습니다. 눈과 피부에 노출될 경우 눈 통증, 눈물 증가, 피부 통증이 나타납니다.

○ 무엇보다 카드뮴은 사랑에 대한 발암성 물질로 폐암을 유발하는 것으로 알려져 있습니다.

그림 106. 카드뮴 위험표지

카드뮴, 산화카드뮴



생식세포변이원성
/발암성/생식독성
/특정표적장기독성



급성독성(흡입)



수생생물유해성

염화카드뮴, 황산카드뮴



생식세포변이원성
/발암성/생식독성
/특정표적장기독성



급성독성
(경구, 흡입)



수생생물유해성

질산카드뮴



생식세포변이원성
/발암성/생식독성
/특정표적장기독성



급성독성
(경구, 경피, 흡입)



수생생물유해성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1172)	국내	지상에서 약 30m 떨어져있는 테레프탈산 제조반응탑에서 소판교체를 위해 소판 볼트를 가스로 용단하는 작업을 3일 간 수행한 작업자 12명 중 8명이 카드뮴 급성중독 증상을 호소해 응급실로 이송됨. 작업 종료 1시간 반~2시간 후에 두통, 구토, 인후의 이상감, 흉통, 가슴 답답함, 크게 숨을 쉴 수 없음 등의 증상이 나타났고 원인으로는 탄산카드뮴이 가스용단 시 고열로 인해 산화카드뮴 흡으로 나타나 근로자가 흡입한 것으로 추정하였음.	두통, 구토, 숨 쉬기 어려움 등
2173)	국외	은납을 이용한 스테인리스 금속 납땜을 하던 근로자 2명이 납땜을 시작한 지 3시간 이후 기침을 하였고 이후 3일간 기침이 계속되어 응급실에 방문하였음. 그중 호흡보호구를 착용하지 않은 1명은 응급실로 이송되었지만 인후통과 호흡곤란, 청색증, 목의 발진을 호소하다 2일 뒤 사망하였고 호흡보호구를 착용하고 있던 1명은 치료 후 회복하였음. 은납에는 20~30%의 카드뮴이 함유되어 있었고 고열로 카드뮴 흡으로 흡입한 것으로 추정됨.	사망

172) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

173) Seidal, K., Jørgensen, N., Elinder, C. G., Sjögren, B., & Vahter, M. (1993). Fatal cadmium-induced pneumonitis. Scandinavian journal of work, environment & health, 429-431.

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 33).

표 33. 카드뮴이나 그 화합물 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	반면형 방진마스크 	- 작업 시 반면형 방진마스크를 착용하여 카드뮴 증기를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 0~0.3 mg/m³의 경우 반면형, 0.4~9 mg/m³의 경우 전면형 착용
	송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 0~0.3 mg/m³의 경우 반면형, 0.4 이상이거나 농도를 모르는 경우 전면형 착용

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 보관 시,
- 카드뮴이나 그 화합물의 경우 근로자에게 노출을 최소화하기 위해 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.

- 고열에는 흡으로 발생하기 때문에 화기나 고열 근처에 두지 않습니다.
- 작업 습관으로,
- 마스크 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.
- 카드뮴이나 그 화합물 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 카드뮴 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
금속열	지연성(8~12시간 후)으로 생기는 열, 오한, 기침, 근육통, 금속맛이 느껴지는 증상
부종	혈관 안의 체액(물)이 혈관 밖으로 빠져나가 신체의 세포와 세포 사이에 비정상적으로 축적되는 현상으로 몸 전체나 특정 부위가 부음
오한	몸이 오슬오슬 춥고 떨리는 증상
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한
트리클로로메탄(Trichloromethane),
사염화탄소(Carbon tetrachloride),
아크릴로니트릴(Acrylonitrile),
1,1,2,2-테트라클로로에탄(1,1,2,2-Tetrachloroethane),
퍼클로로에틸렌(Perchloroethylene)
자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

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

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드라인은 직업성 질병을 유발할 수 있는 각 위험물질을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 트리클로로메탄, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 퍼클로로에틸렌은 제13호 ‘산업안전보건법 작업환경측정 대상 유해인자 및 특수건강진단 대상 유해인자에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

1) 트리클로로메탄

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 10ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 10ppm
	화학물질관리법	유독물질	클로로포름 및 이를 10% 이상 함유한 혼합물
	폐기물관리법	폐유기용제	할로겐족 폐유기용제
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 C 50ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 STEL 2ppm(60분)
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 10ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 2ppm

2) 사염화탄소

구분	법·규제기관	분류	분류기준
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 6개월

		특별관리물질	-
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 5ppm
	화학물질관리법	유독물질	사염화탄소 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
		제한물질	사염화탄소 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 10ppm, C 25ppm(5분), Peak 200 ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 STEL 2ppm(60분)
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 5ppm, STEL 10ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 2ppm, STEL 10ppm, C 200ppm

3) 아크릴로니트릴

구분	법·규제기관	내용	
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 6개월
		특별관리물질	-
		공정안전보고서(PSM) 제출대상물질	제조·취급·저장 10,000kg
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 2ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 2ppm

	화학물질관리법	유독물질	아크릴로니트릴 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
		사고대비물질	아크릴로니트릴 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	4류 제1석유류(비수용성)	200L
	폐기물관리법	지정폐기물	폐유독물질
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 2ppm, C 10ppm(15분)
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 1ppm, C 10ppm(15분), Skin
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 2ppm, Skin
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 2ppm, Skin

4) 1,1,2,2-테트라클로로에탄

구분	법·규제기관	분류	분류기준
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 6개월
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 1ppm
	폐기물관리법	지정폐기물	-

국외	OSHA(산업안전보건청)	허용노출한계 TWA 5ppm, skin
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)	권장노출한계 TWA 1ppm, skin
	ACGIH(산업위생전문가협회)	허용한계값 TWA 1ppm, skin
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)	허용노출한계 TWA 1ppm, skin

5) 퍼클로로에틸렌

구분	법·규제기관	분류	분류기준
국내	산업안전보건법	관리대상유해물질	-
		작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		특별관리물질	-
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 25ppm, STEL 100ppm
	화학물질관리법	유독물질	퍼클로로에틸렌 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
		제한물질	퍼클로로에틸렌 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 100ppm, C 200ppm, Peak 300ppm
	ACGIH(산업위생전문가협의회)		허용한계값 TWA 25ppm, STEL 100ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 25ppm, STEL 100ppm, C 300ppm

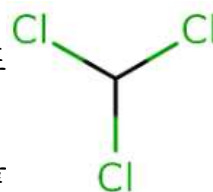
제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

1) 트리클로로메탄(그림 107¹⁷⁴⁾)

- 트리클로로메탄의 CAS No.¹⁷⁵⁾은 67-66-3입니다.
- 화학식은 CHCl_3 입니다.
- 클로로포름, 메탄트리염화물, 프레온20, 트리클로로포름, 메테닐트리클로라이드, 삼염화메탄이라고도 합니다.
- 색이 없고 특이한 자극적인 냄새가 납니다. 또한 극성을 띠고 있어 물에 잘 녹고 공기 중에 불이 붙진 않습니다.
- 유기물에 오염된 물을 염소 소독할 때 잘 발생합니다.
- 최근 기존 세척제인 디클로로메탄이 환경규제물질로 지정됨에 따라 대체물질 변경과정에서 더 독성이 강한 트리클로로메탄을 사용하여 문제가 되었습니다. 보통 전자제품, 자동차 등 금속 표면의 기름기를 제거하는 탈지 용도로 활용되었습니다.

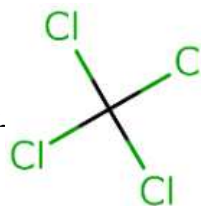
그림 107.
트리클로로메탄
화학구조



2) 사염화탄소(그림 108¹⁷⁶⁾)

- 사염화탄소의 CAS No.은 56-23-5입니다.
- 화학식은 CCl_4 입니다.
- 벤지폼, 벤지노폼, 메탄 테트라클로라이드, 메틸 테트라

그림 108.
사염화탄소
화학구조



174) <https://echa.europa.eu/>

175) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유 번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

176) <https://echa.europa.eu/>

클로라이드, 퍼클로로메탄, 테트라폼, 테트라솔, TCM이라고도 합니다.

색이 없고 상온에서 불이 붙지 않는 액체 상태로 존재하나 독성이 강합니다.○

○ 물이 포함되어 있지 않은 사염화탄소는 알루미늄을 제외한 금속을 부식시키지 않으나 물이 포함되어 있을 경우 가수분해되어 철, 구리, 니켈 등의 금속을 부식시킵니다.

3) 아크릴로니트릴(그림 109¹⁷⁷⁾)

○ 아크릴로니트릴의 CAS No.은 107-13-1입니다.

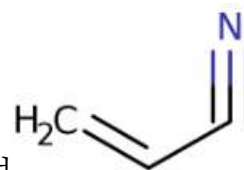
○ 화학식은 CH_2CHCN 입니다.

○ 2-프로펜니트릴, 프로펜니트릴, 비닐시아나이드, 시아노에틸렌, 아크릴론, 크랍아크릴이라고도 합니다.

○ 색이 없고 공기 중에 날아가는 휘발성 액체이지만 상업용은 불순성이 있어 노란색을 띌 수 있습니다. 마늘향이나 양파향 같은 자극적인 냄새가 납니다.

○ 적은 양에도 반응하고 독성이 있습니다.

그림 109.
아크릴로니트릴
화학구조



4) 1,1,2,2-테트라클로로에탄(그림 110¹⁷⁸⁾)

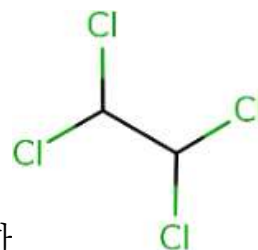
○ 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 CAS No.은 79-34-5입니다.

○ 화학식은 $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$ 혹은 $\text{Cl}_3\text{CCH}_2\text{Cl}$ 입니다.

○ 색이 무색에서 밝은 노란색 정도를 띄며 달콤한 냄새가 나는 액체입니다.

○ 고온에서 분해되어 독성가스를 만들 수 있고 가열하면 폭발할 수 있습니다.

그림 110.
1,1,2,2-테트라클로로에탄
화학구조



177) <https://echa.europa.eu/>

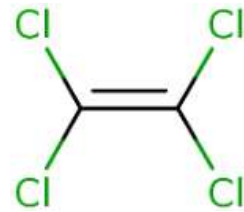
178) <https://echa.europa.eu/>

○ 비인화성으로 물질 자체는 타지 않으나 가열 시 분해되어 부식성과 독성 흡이 발생할 수 있습니다.

5) 퍼클로로에틸렌(그림 111¹⁷⁹⁾)

- 퍼클로로에틸렌의 CAS No.은 127-18-4입니다.
- 화학식은 C_2Cl_4 입니다.
- 사염화에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 디다켄, 안킬로스틴, 퍼클로로에텐, 1,1,2,2-테트, PCE라고도 합니다.
- 색은 없고 달콤한 냄새가 나는 액체입니다.
- 낮은 농도에서도 쉽게 공기 중으로 증발되며 이는 대기 중에서 고온과 만나면 염소, 일산화탄소, 포스젠 등 독성이 강한 가스를 발생시킵니다.

그림 111.
퍼클로로에틸렌
화학구조



2. 주로 어디에서 사용할까요?

1) 트리클로로메탄

○ 화학분석용 시약, 방부제 또는 살균제, 불순물 제거, 냉각제인 플루오로카본-22의 제조, 약품, 고무 등의 제조에서의 추출용제, 일반용제로서의 플라스틱, 색소, 유류, 왁스, 고무, 사진형상, 드라이클리닝에 사용됩니다.

○ 주로 노출되는 공정으로는 냉각제(플루오로카본) 생산 공정, 수지, 플라스틱, 고무, 펄프 및 제지 생산 공정, 폐기물처리 공정, 약품 추출 공정, 드라이클리닝 공정 등이 있습니다.

○ 과거에는 마취제로 사용하였고 최근 세척공정에서 탈지용으로 사용되었습니다.

179) <https://echa.europa.eu/>

2) 사염화탄소

○ 유류, 수지, 고무, 왁스, 레진, 지방 및 불순물 제거제, 가솔린 첨가제, 반도체 제조, 냉각제 및 시험 검사 연구용 시약 등으로 사용됩니다.

3) 아크릴로니트릴

○ 아크릴아미드를 제조하는 원료로서 가장 많이 사용됩니다.
○ 각종 수지 제조, 섬유 제조, 고품제품 제조 공정에서 사용되며 훈증 살충제에서 사용되기도 합니다.

4) 1,1,2,2-테트라클로로에탄

○ 접착제 또는 도료의 희석제, 아세틸렌으로 TCE를 만들 때의 중간제품, 살충제, 인공진주산업 등에 사용됩니다.

5) 퍼클로로에틸렌

○ 식물유와 동물유의 용해력이 우수해 의류와 기타 작물을 세탁하기 위한 드라이클리너에 널리 사용됩니다. 또한 얼룩 제거제, 깔개 및 소파 등의 커피 세정제, 액상 벌레 퇴치제, 분사제를 비롯한 일부 접착제와 방수제, 광택제, 윤활유, 구두 광택제에 사용됩니다.

○ 산업에서는 대부분 금속산업체에서 사용되며 금속 탈지 용매에 활용됩니다.

3. 왜 위험한가요?

1) 트리클로로메탄(그림 112)

- 트리클로로메탄은 주로 코로 들이마셔 몸속으로 흡입됩니다. 입으로 먹거나 피부에 닿는 경우에도 흡수될 수 있습니다.
- 몸속에 흡수되면 중추신경계 이상을 유발할 수 있습니다.
- 위, 간, 신장에 독성을 유발하여 손상될 수 있고 독성 간염이 나타날 수 있습니다.
- 간암, 신장암을 일으킬 수 있습니다. WHO IARC에서는 트리클로로메탄을 인체 발암가능물질인 그룹 2B로 지정하고 있습니다.
- 피부와 눈에 닿을 경우 점막을 자극하여 눈 통증, 피부 발진 및 통증 등이 발생합니다.
- 생식독성이 있어 근로자의 생식능력에 손상을 줄 수 있고 임산부의 경우 태아에게 영향을 미칠 수 있습니다.

**그림 112. 트리클로로메탄
위험표지**



2) 사염화탄소(그림 113)

- 사염화탄소는 코로 들이마시든 입으로 삼키든 피부에 닿든 모든 방법으로 몸속으로 흡수될 수 있습니다.
- 사염화탄소는 뇌혈관 장벽을 통과하여 중추신경계에 도달하고 억제 작용을 해 두통, 어지럼증, 집중력 저하 등의 증상이 나타납니다.
- 사염화탄소는 몸속 효소에 의해 대사되고 이로 인해 발생된 대사물은 간 세포를 손상시킵니다. 또한 이 대사물은 DNA와 결합해 발암작용을 한다는

보고도 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 사염화탄소에 노출되는 경우 중추신경계 억제 영향으로 두통, 어지러움, 집중력 저하가 나타나고 간세포 손상으로 인해 황달(그림 114¹⁸⁰), 복통, 신장에 영향을 미쳐 혈뇨, 소변량 감소, 부종, 피부에 닿으면 피부 발진, 물집 형성, 피부 통증이 나타날 수 있습니다. 또한 눈과 코에 닿는 경우 눈 통증, 눈물 분비, 코 속 통증이 발생합니다.

그림 113. 사염화탄소 위험표지



그림 114. 사염화탄소 노출로 발생한 황달



3) 아크릴로니트릴(그림 115)

○ 아크릴로니트릴은 주로 코로 들어마셔 몸속으로 흡입됩니다. 입으로 먹거나 피부에 닿는 경우에도 흡수될 수 있습니다.

180) 채희복 등, Trichlorethylene에 의한 급성간염 1예, 대한간학회지, 1999;5(1):59-64

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 아크릴로니트릴에 노출되는 경우 기침, 호흡곤란, 가슴통증, 청색증, 눈 통증, 눈물 분비, 코 속(비강) 통증, 두통, 어지러움, 집중력 저하, 경련 등이 발생할 수 있습니다.

인화성 액체 피부부식성 급성독성물질
(경구 경피 흡입) 발암성/
특정표적장기독성 수생환경유해성

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 1,1,2,2-테트라클로로에탄에 노출되는 경우 두통, 어지러움, 구역, 구토, 집중력 감소, 황달, 상복부 통증, 부종, 손발의 따끔거림과 저림 등의 증상이 발생합니다. 또한 소변량이 감소하고 피부

발진과 통증, 눈 통증, 눈물 과다 분비 등이 발생할 수 있습니다.

그림 116.

1,1,2,2-테트로클로로에탄
위험표지



5) 퍼클로로에틸렌(그림 117)

○ 퍼클로로에틸렌은 주로 코로 들이마셔 몸속으로 흡입됩니다. 입으로 먹거나 피부, 눈에 닿는 경우에도 흡수될 수 있습니다.

○ 몸속에 흡수되면 중추신경계를 억제해 두통, 어지러움, 경련 등의 증상이 나타납니다.

○ 간 독성이 있어 독성 간염과 간 피사가 발생할 수 있습니다.

○ 코로 들이마시는 경우 폐 속에 염증을 발생시켜 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 퍼클로로에틸렌을 들이마시면 폐 부종을 유발합니다.

○ 심장의 에프네프린에 대한 감작을 유발하여 부정맥이 발생할 위험을 높입니다.

○ 점막을 자극하여 눈 통증, 피부 발진 및 통증, 인후통이 발생할 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 퍼클로로에틸렌에 노출되는 경우 두통, 어지러움, 집중력 감소, 경련, 감각이상, 황달, 부종, 상복부 통증, 기침, 호흡 곤란, 가슴 두근거림, 흉통, 의식소실, 눈 통증, 눈물 분비 과다, 피부 발진 등이 발생할 수 있습니다.

그림 117. 퍼클로로에틸렌 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

1) 트리클로로메탄

순서	구분	작업 상황	결과
1181)	국내	전자제품을 제조하는 작업장에서 제품 가공 후 제품에 묻어있는 절삭유(가공 과정에서의 마찰열을 냉각시키는 윤활유)를 제거하기 위해 소분 용기에 담긴 세척제를 형검에 적셔 표면을 닦는 작업을 수행 중 급성중독 증세가 발생함. 응급실로 이송 후 황달, 간수치 상승, 독성간염을 진단 받음. 당시 트리클로로메탄 세척제에 대한 유해성 교육을 받지 않아 인지하지 못했고 KF 마스크 등 부적정한 마스크를 착용하여 적정보호구를 착용하지 않았음. 또한 작업 환경에는 국소배기장치가 설치되어있지 않았음.	황달, 간수치 상승, 독성간염 7명
2182)	국내	자동차 부품 제조 사업장에서 전처리공정 작업에 종사하는 근로자 3명이 급성독성 간염 증상을 보였고 동일 작업 근로자 전체 임시건강진단을 실시한 결과 총 근로자 13명이 세척제에 함유된 트리클로로메탄에 의한 독성간염 직업성 질병 진단을 받음. 지난달 급성 독성간염 재해가 발생한 업체와 동일한 세척제를 납품받았고 전처리 일부 공정에서 작업시간을 고려한 노출 기준치의 4.7배에 달하는 노출이 이뤄진 것으로 파악됨.	독성간염 3명

3183)	국내	전자제품용 부속품 생산 사업장 근로자 16명이 세척제에 함유된 트리클로로메탄에 노출되어 독성간염 발생하였음. 기존 세척제(디클로로메탄)가 환경규제물질로 지정됨에 따라 대체물질 변경 과정에서 독성이 더 강한 트리클로로메탄으로 물질 대체하였고 작업 환경에 국소배기장치 미설치 및 근로자 방독마스크 등의 적정보호구 미착용이 재해의 원인이었음	독성간염 16명
-------	----	---	----------

2) 사염화탄소

순서	구분	작업 상황	재해 결과
1184)	국내	인조 사파이어 제조 공장에서 일하기 시작한지 한 달이 되는 때부터 피부에 발적과 소양감을 동반한 발진이 나타났고 일주일 후부터는 황달과 심한 전신 피로감이 생겨 응급실에 내원하였고 급성간염을 진단받음. 사염화탄소로 인한 접촉성 피부염과 간독성이 발생하였음	급성간염 1명
2185)	국외	파티클보드 목재가루 건조공정에 근무하던 중 목재가루 건조과정에서 작은 불꽃이 튀었고 화재를 감지한 자동 소화 시스템이 작동하여 소화기 분말이 분사되면서 소화기 분말 내 트리클로로메탄과 사염화탄소에 노출되었음. 분말 노출 한 시간 후 해당 근로자는 소변량이 감소하여 입원하였고 급성신부전과 간수치 증가를 확인함. 소화기 분말에 같이 노출되었던 동료 근로자 4명도 3주 이후 사염화탄소 수치가 여전히 높음을 확인하였음. 해당 근로자는 알코올 남용자로 매일 120g 알코올을 섭취하였고 알코올이 사염화탄소의 간독성을 일으킨다는 보고가 있음	급성신부전, 간수치 증가 1명

181) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

182) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

183) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

184) 채희복 등. Trichlorethylene에 의한 급성간염 1예. 대한간학회지. 1999;5(1):59-64

185) Manno et al. Potentiation of occupational carbon tetrachloride toxicity by ethanol abuse. Human & experimental toxicology, 1996;15(4):294-300

3) 아크릴로니트릴

순서	구분	작업 상황	재해 결과
1186)	국내	ABS(Acrylonitrile-Butadiene-Styrene)수지를 원료로 한 오디오 케이스를 전기인두로 부착하는 작업 중 아크릴로니트릴 가스가 발생하여 반복적으로 오래 노출되면서 기관지 자극성 염증을 앓게 되었고 만성적인 감염에 의해 생기게 되면 기관지확장증까지 발생하였음. 전기인두 부착작업에서 인두로 지지게 되는 오디오케이스의 원료 ABS 수지는 인두의 열에 녹으면서 아크릴로니트릴이 발생하였으나 작업 환경에는 국소배기장치가 없었으며 보호구도 착용하지 않았던 것이 원인이었음	기관지 자극성 염증, 기관지확장증 1명
2	국외	3개월 간 아크릴로니트릴을 사용하는 실험실에서 연구를 하는 근로자가 손에 피부염을 호소하여 병원에 내원해 치료를 받았고 손가락에서 물집을 동반한 아급성 습진이 발생하였음을 확인함. 해당 실험실에서 근무를 멈추고 아크릴로니트릴을 사용하지 않는 실험실 근무로 이동한 후 습진은 빠르게 호전되었고 최종적으로 아크릴로니트릴에 의한 알레르기성 접촉 피부염을 진단받음	알레르기성 접촉 피부염 1명

4) 1,1,2,2-테트라클로로에탄

순서	구분	작업 상황	재해 결과
----	----	-------	-------

186) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

187) Lobo-Mendonca. Tetrachloroethane—A survey. Occupational and Environmental Medicine. 1963;20(1):50-56

2187)	국외	팔찌 제작 공장에서 바닥에 앉아 아세테이트 필름을 깎은 후 1,1,2,2-테트라클로로에탄과 아세톤의 혼합물에 담구는 작업 중 공기보다 밀도가 높은 테트라클로로에탄이 바닥으로 가라앉아 근로자에게 노출되었고 해당 근로자는 복통, 두통, 어지러움을 호소하였음. 각 작업장의 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 농도는 9.1~98.0ppm으로 기준을 초과하는 것으로 확인됨	급성중독 1명
-------	----	--	---------

5) 퍼클로로에틸렌

순서	구분	작업 상황	재해 결과
1188)	국내	세탁실에서 작업을 하던 중 퍼클로로에틸렌 증기에 노출되어 폐부종, 심실 조기 수축 등이 나타남	폐부종, 심실 조기수축 1명
2	국외	미국의 드라이클리너 중 60%에서 퍼클로로에틸렌을 사용하고 있는데 한 세탁실에서 작업 중 물로 착각하고 퍼클로로에틸렌을 마심. 마신 10분 후 의식 상태가 저하되어 응급실로 이송되었고 기관 삽관과 인공호흡 후 4일 후 상태가 호전되어 퇴원하였음	의식저하 1명

188) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 트리클로로메탄, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 퍼클로로에틸렌을 직접 다루는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ 트리클로로메탄 TWA 10 ppm, 사염화탄소 TWA 5 ppm, 아크릴로니트릴 TWA 2 ppm, 1,1,2,2-테트라클로로에탄 TWA 1 ppm, 퍼클로로에틸

렌 TWA 25 ppm, STEL 100 ppm을 초과하는 등 호흡기를 통해 빠르게 흡입되기 때문에 노출되었다고 판단될 즉시 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다.

○ 이후 입고 있던 옷을 벗어야 합니다. 이후 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받아야 합니다.

○ 눈에 노출될 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

○ 피부에 노출될 경우 눈과 동일하게 흐르는 생리식염수로 15분 이상 세척 후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진단과 치료를 받습니다.

○ 입으로 삼킨 경우, 억지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다¹⁸⁹⁾. 즉시 응급실에 방문하여 전문과 진료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3. 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 트리클로로메탄, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 퍼클로로에틸렌 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

189) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 억지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 억지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있습니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다. 독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

○ 트리클로로메탄의 경우 최근 기존 세척제인 디브로모메탄을 세척력이 좋은 신규 세척제인 트리클로로메탄으로 변경하였다가 중대재해가 발생한 사례가 여러 건 있습니다. 해당 사업장에서 사용하는 물질의 중대재해가 발생하거나 급성중독의 위험성이 확인 되는대로 시정이 필요합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 34).

**표 34. 트리클로로메탄, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 1,1,2,2-테트라클로로에탄,
퍼클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구**

보호구	종류	설명
마스크	전면형 방독마스크 	• 가스 상태로 발생할 경우 호흡기를 보호하기 위해 유기증기용 방독마스크를 착용 • 트리클로로메탄의 경우 0~100ppm에서 반면형, 101ppm부터 전면형 사용 • 사염화탄소의 경우 농도와 관계없이 전면형 사용
	전면형 공기호흡기 	• 아크릴로니트릴의 경우 0~20ppm에서 반면형, 21ppm부터 전면형 사용 • 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 경우 0~10ppm에서 반면형, 11ppm부터 전면형 사용 • 퍼클로로에틸렌의 경우 농도와 관계없이 전면형 사용
	송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

(1) 트리클로로메탄

- 보관 시,
 - 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.
- 작업 습관은,
 - 트리클로로메탄이 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동

안 항상 인지하고 있어야 합니다. 급성중독 증세가 나타나진 않는지 특이한 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.

- 트리클로로메탄 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 트리클로로메탄을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(2) 사염화탄소

○ 보관 시,

- 색이 없기 때문에 물 등으로 착각하여 마시지 않도록 사염화탄소를 담은 통에 라벨을 반드시 붙여두어야 합니다.
- 물과 닿으면 금속을 부식시키므로 물과 닿지 않도록 합니다.
- 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.

○ 작업 습관은,

- 사염화탄소는 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 두통, 어지러움, 집중력 저하 등의 급성중독 증세가 나타나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.
- 사염화탄소 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 사염화탄소를 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을

마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(3) 아크릴로니트릴

○ 보관 시,

- 색이 없거나 옅은 노란색을 띠기 때문에 물 등으로 착각하여 마시지 않도록 아크릴로니트릴을 담은 통에 라벨을 반드시 붙여두어야 합니다.

- 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.

○ 작업 습관은,

- 아크릴로니트릴은 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 기침, 호흡곤란, 가슴통증 등의 급성중독 증세가 나타나진 않는지 마늘, 양파향 같은 자극적인 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.

- 아크릴로니트릴 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.

- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 아크릴로니트릴을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(4) 1,1,2,2-테트라클로로에탄

○ 보관 시,

- 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.
- 화기나 고온에 가까이 두지 않아야 합니다. 고온에 분해되어 독성가스를 만들 수 있고 폭발할 수 있습니다.

○ 작업 습관은,

- 1,1,2,2-테트라클로로에탄은 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 두통, 어지러움, 구역, 구토 등의 급성중독 증세가 나타나진 않는지 달콤한 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.
- 아크릴로니트릴 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.
- 밀도가 높아 증기로 노출 시 바닥쪽으로 가라앉기 때문에 해당 물질을 다루는 작업을 할 때는 바닥에 앉아서 하지 않아야 합니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 1,1,2,2-테트라클로로에탄을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(5) 퍼클로로에틸렌

○ 보관 시,

- 색이 없기 때문에 물 등으로 착각하여 마시지 않도록 퍼클로로에틸렌을 담은 통에 라벨을 반드시 붙여두어야 합니다.
- 낮은 농도에서도 공기 중으로 쉽게 증발되므로 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.
- 고온과 만나면 독성이 강한 가스를 발생시키기 때문에 화기나 고온에 가까이 두지 않아야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 퍼클로로에틸렌은 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 두통, 어지러움, 경련 등의 급성중독 증세가 나타나진 않는지 달콤한 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상치를 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.
- 퍼클로로에틸렌 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 퍼클로로에틸렌을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
중추신경계	신경계는 크게 중추신경계와 말초신경계로 나뉘는데, 몸의 중심에 위치한 두개골 속 뇌와 척추 속 척수를 말함
피부 발진	피부색의 변화(붉어짐 등) 또는 질감의 변화(돌기 또는 부기)
생식독성	사람의 생식기능, 생식능력 또는 태아의 발생·발육에 유해한 영향을 주는 물질
유전독성	화학물질이 생명체의 유전적 결함을 유도하거나, 이를 촉진시키는 성질
청색증	혈액의 적절하지 않은 산소 양으로 발생하는 피부의 푸른 변
경련	갑작스럽게 발생하는 짧고, 의도하지 않았으며(불수의), 보통 고통스러운 근육 또는 근육 덩어리의 수축
말초신경계	몸의 끝부분에 주로 존재하여 뇌와 척수를 제외한 모든 신경을 말함

독성 간염	장기간 혹은 단기간의 화학물질 흡인 등으로 발생하는 간 기능의 손상
간 괴사	간조직의 파괴를 의미하며 이로인한 간기능이 급격히 저하되어 간기능상실이 발생하는 것
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
에프네프린	아드레날린이라고도 하며 호르몬 및 신경전달물질로 교감신경계를 활성화 함
부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한
 트리클로로메탄(Trichloromethane),
 사염화탄소(Carbon tetrachloride),
 아크릴로니트릴(Acrylonitrile),
 1,1,2,2-테트라클로로에탄(1,1,2,2-Tetrachloroethane),
 퍼클로로에틸렌(Perchloroethylene)
 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

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

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 각 위험물질을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 트리클로로메탄, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 퍼클로로에틸렌은 제13호 ‘산업안전보건법 작업환경측정 대상 유해인자 및 특수건강진단 대상 유해인자에 노출되어 발생한 급성중독’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

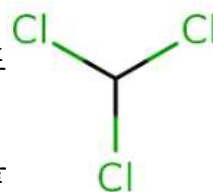
제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

1) 트리클로로메탄(그림 118¹⁹⁰⁾)

- 트리클로로메탄의 CAS No.¹⁹¹⁾은 67-66-3입니다.
- 화학식은 CHCl_3 입니다.
- 클로로포름, 메탄트리염화물, 프레온20, 트리클로로포름, 메테닐트리클로라이드, 삼염화메탄이라고도 합니다.
- 색이 없고 특이한 자극적인 냄새가 납니다. 또한 극성을 띠고 있어 물에 잘 녹고 공기 중에 불이 붙진 않습니다.
- 유기물에 오염된 물을 염소 소독할 때 잘 발생합니다.
- 최근 기존 세척제인 디클로로메탄이 환경규제물질로 지정됨에 따라 대체물질 변경과정에서 더 독성이 강한 트리클로로메탄을 사용하여 문제가 되었습니다. 보통 전자제품, 자동차 등 금속 표면의 기름기를 제거하는 탈지 용도로 활용되었습니다.

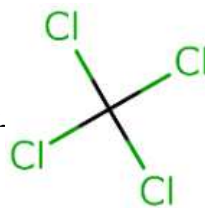
그림 118.
트리클로로메탄
화학구조



2) 사염화탄소(그림 119¹⁹²⁾)

- 사염화탄소의 CAS No.은 56-23-5입니다.
- 화학식은 CCl_4 입니다.
- 벤지폼, 벤지노폼, 메탄 테트라클로라이드, 메틸 테트라

그림 119.
사염화탄소
화학구조



190) <https://echa.europa.eu/>

191) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

192) <https://echa.europa.eu/>

클로라이드, 퍼클로로메탄, 테트라폼, 테트라솔, TCM이라고도 합니다.

색이 없고 상온에서 불이 붙지 않는 액체 상태로 존재하나 독성이 강합니다.○

○ 물이 포함되어 있지 않은 사염화탄소는 알루미늄을 제외한 금속을 부식시키지 않으나 물이 포함되어 있을 경우 가수분해되어 철, 구리, 니켈 등의 금속을 부식시킵니다.

3) 아크릴로니트릴(그림 120¹⁹³⁾)

○ 아크릴로니트릴의 CAS No.은 107-13-1입니다.

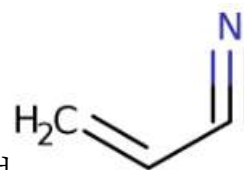
○ 화학식은 CH_2CHCN 입니다.

○ 2-프로펜니트릴, 프로펜니트릴, 비닐시아나이드, 시아노에틸렌, 아크릴론, 크랍아크릴이라고도 합니다.

○ 색이 없고 공기 중에 날아가는 휘발성 액체이지만 상업용은 불순성이 있어 노란색을 띌 수 있습니다. 마늘향이나 양파향 같은 자극적인 냄새가 납니다.

○ 적은 양에도 반응하고 독성이 있습니다.

그림 120.
아크릴로니트릴
화학구조



4) 1,1,2,2-테트라클로로에탄(그림 121¹⁹⁴⁾)

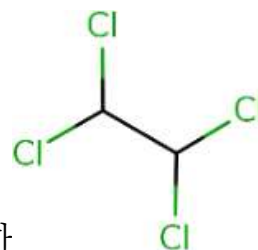
○ 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 CAS No.은 79-34-5입니다.

○ 화학식은 $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$ 혹은 $\text{Cl}_3\text{CCH}_2\text{Cl}$ 입니다.

○ 색이 무색에서 밝은 노란색 정도를 띄며 달콤한 냄새가 나는 액체입니다.

○ 고온에서 분해되어 독성가스를 만들 수 있고 가열하면 폭발할 수 있습니다.

그림 121.
1,1,2,2-테트라클로로에탄 화학구조



193) <https://echa.europa.eu/>

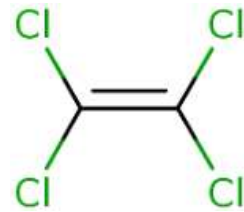
194) <https://echa.europa.eu/>

○ 비인화성으로 물질 자체는 타지 않으나 가열 시 분해되어 부식성과 독성 흡이 발생할 수 있습니다.

5) 퍼클로로에틸렌(그림 122¹⁹⁵⁾)

- 퍼클로로에틸렌의 CAS No.은 127-18-4입니다.
- 화학식은 C_2Cl_4 입니다.
- 사염화에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 디다켄, 안킬로스틴, 퍼클로로에텐, 1,1,2,2-테트, PCE라고도 합니다.
- 색은 없고 달콤한 냄새가 나는 액체입니다.
- 낮은 농도에서도 쉽게 공기 중으로 증발되며 이는 대기 중에서 고온과 만나면 염소, 일산화탄소, 포스젠 등 독성이 강한 가스를 발생시킵니다.

그림 122.
퍼클로로에틸렌
화학구조



2. 주로 어디에서 사용할까요?

1) 트리클로로메탄

○ 화학분석용 시약, 방부제 또는 살균제, 불순물 제거, 냉각제인 플루오로카본-22의 제조, 약품, 고무 등의 제조에서의 추출용제, 일반용제로서의 플라스틱, 색소, 유류, 왁스, 고무, 사진형상, 드라이클리닝에 사용됩니다.

○ 주로 노출되는 공정으로는 냉각제(플루오로카본) 생산 공정, 수지, 플라스틱, 고무, 펄프 및 제지 생산 공정, 폐기물처리 공정, 약품 추출 공정, 드라이클리닝 공정 등이 있습니다.

○ 과거에는 마취제로 사용하였고 최근 세척공정에서 탈지용으로 사용되었습니다.

195) <https://echa.europa.eu/>

2) 사염화탄소

○ 유류, 수지, 고무, 왁스, 레진, 지방 및 불순물 제거제, 가솔린 첨가제, 반도체 제조, 냉각제 및 시험 검사 연구용 시약 등으로 사용됩니다.

3) 아크릴로니트릴

○ 아크릴아미드를 제조하는 원료로서 가장 많이 사용됩니다.
○ 각종 수지 제조, 섬유 제조, 고품제품 제조 공정에서 사용되며 훈증 살충제에서 사용되기도 합니다.

4) 1,1,2,2-테트라클로로에탄

○ 접착제 또는 도료의 희석제, 아세틸렌으로 TCE를 만들 때의 중간제품, 살충제, 인공진주산업 등에 사용됩니다.

5) 퍼클로로에틸렌

○ 식물유와 동물유의 용해력이 우수해 의류와 기타 작물을 세탁하기 위한 드라이클리너에 널리 사용됩니다. 또한 얼룩 제거제, 깔개 및 소파 등의 커퍼세정제, 액상 벌레 퇴치제, 분사제를 비롯한 일부 접착제와 방수제, 광택제, 윤활유, 구두 광택제에 사용됩니다.

○ 산업에서는 대부분 금속산업체에서 사용되며 금속 탈지 용매에 활용됩니다.

3. 왜 위험한가요?

1) 트리클로로메탄(그림 123)

- 트리클로로메탄은 주로 코로 들어마셔 몸속으로 흡입됩니다. 입으로 먹거나 피부에 닿는 경우에도 흡수될 수 있습니다.
- 몸속에 흡수되면 중추신경계 이상을 유발할 수 있습니다.
- 위, 간, 신장에 독성을 유발하여 손상될 수 있고 독성 간염이 나타날 수 있습니다.
- 간암, 신장암을 일으킬 수 있습니다. WHO IARC에서는 트리클로로메탄을 인체 발암가능물질인 그룹 2B로 지정하고 있습니다.
- 피부와 눈에 닿을 경우 점막을 자극하여 눈 통증, 피부 발진 및 통증 등이 발생합니다.
- 생식독성이 있어 근로자의 생식능력에 손상을 줄 수 있고 임산부의 경우 태아에게 영향을 미칠 수 있습니다.

**그림 123. 트리클로로메탄
위험표지**



2) 사염화탄소(그림 124)

- 사염화탄소는 코로 들어마시든 입으로 삼키든 피부에 닿든 모든 방법으로 몸속으로 흡수될 수 있습니다.
- 사염화탄소는 뇌혈관 장벽을 통과하여 중추신경계에 도달하고 억제 작용을 해 두통, 어지럼증, 집중력 저하 등의 증상이 나타납니다.
- 사염화탄소는 몸속 효소에 의해 대사되고 이로 인해 발생된 대사물은 간 세포를 손상시킵니다. 또한 이 대사물은 DNA와 결합해 발암작용을 한다는

보고도 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 사염화탄소에 노출되는 경우 중추신경계 억제 영향으로 두통, 어지러움, 집중력 저하가 나타나고 간세포 손상으로 인해 황달(그림 125¹⁹⁶⁾), 복통, 신장에 영향을 미쳐 혈뇨, 소변량 감소, 부종, 피부에 닿으면 피부 발진, 물집 형성, 피부 통증이 나타날 수 있습니다. 또한 눈과 코에 닿는 경우 눈 통증, 눈물 분비, 코 속 통증이 발생합니다.

그림 124. 사염화탄소 위험표지



그림 125. 사염화탄소 노출로 발생한 황달



3) 아크릴로니트릴(그림 126)

○ 아크릴로니트릴은 주로 코로 들어마셔 몸속으로 흡입됩니다. 입으로 먹거나 피부에 닿는 경우에도 흡수될 수 있습니다.

196) 채희복 등, Trichlorethylene에 의한 급성간염 1예, 대한간학회지, 1999;5(1):59-64

발진과 통증, 눈 통증, 눈물 과다 분비 등이 발생할 수 있습니다.

그림 127.

1,1,2,2-테트로클로로에탄
위험표지



5) 퍼클로로에틸렌(그림 128)

○ 퍼클로로에틸렌은 주로 코로 들이마셔 몸속으로 흡입됩니다. 입으로 먹거나 피부, 눈에 닿는 경우에도 흡수될 수 있습니다.

○ 몸속에 흡수되면 중추신경계를 억제해 두통, 어지러움, 경련 등의 증상이 나타납니다.

○ 간 독성이 있어 독성 간염과 간 피사가 발생할 수 있습니다.

○ 코로 들이마시는 경우 폐 속에 염증을 발생시켜 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 퍼클로로에틸렌을 들이마시면 폐 부종을 유발합니다.

○ 심장의 에프네프린에 대한 감작을 유발하여 부정맥이 발생할 위험을 높입니다.

○ 점막을 자극하여 눈 통증, 피부 발진 및 통증, 인후통이 발생할 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 퍼클로로에틸렌에 노출되는 경우 두통, 어지러움, 집중력 감소, 경련, 감각이상, 황달, 부종, 상복부 통증, 기침, 호흡 곤란, 가슴 두근거림, 흉통, 의식소실, 눈 통증, 눈물 분비 과다, 피부 발진 등이 발생할 수 있습니다.

그림 128. 퍼클로로에틸렌 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

1) 트리클로로메탄

순서	구분	작업 상황	결과
1197)	국내	전자제품을 제조하는 작업장에서 제품 가공 후 제품에 묻어있는 절삭유(가공 과정에서의 마찰열을 냉각시키는 윤활유)를 제거하기 위해 소분 용기에 담긴 세척제를 형검에 적셔 표면을 닦는 작업을 수행 중 급성중독 증세가 발생함. 응급실로 이송 후 황달, 간수치 상승, 독성간염을 진단 받음. 당시 트리클로로메탄 세척제에 대한 유해성 교육을 받지 않아 인지하지 못했고 KF 마스크 등 부적정한 마스크를 착용하여 적정보호구를 착용하지 않았음. 또한 작업 환경에는 국소배기장치가 설치되어있지 않았음.	황달, 간수치 상승, 독성간염 7명
2198)	국내	자동차 부품 제조 사업장에서 전처리공정 작업에 종사하는 근로자 3명이 급성독성 간염 증상을 보였고 동일 작업 근로자 전체 임시건강진단을 실시한 결과 총 근로자 13명이 세척제에 함유된 트리클로로메탄에 의한 독성간염 직업성 질병 진단을 받음. 지난달 급성 독성간염 재해가 발생한 업체와 동일한 세척제를 납품받았고 전처리 일부 공정에서 작업시간을 고려한 노출 기준치의 4.7배에 달하는 노출이 이뤄진 것으로 파악됨.	독성간염 3명

3199)	국내	전자제품용 부속품 생산 사업장 근로자 16명이 세척제에 함유된 트리클로로메탄에 노출되어 독성간염 발생하였음. 기존 세척제(디클로로메탄)가 환경규제물질로 지정됨에 따라 대체물질 변경 과정에서 독성이 더 강한 트리클로로메탄으로 물질 대체하였고 작업 환경에 국소배기장치 미설치 및 근로자 방독마스크 등의 적정보호구 미착용이 재해의 원인이었음	독성간염 16명
-------	----	---	----------

2) 사염화탄소

순서	구분	작업 상황	재해 결과
1200)	국내	인조 사파이어 제조 공장에서 일하기 시작한지 한 달이 되는 때부터 피부에 발적과 소양감을 동반한 발진이 나타났고 일주일 후부터는 황달과 심한 전신 피로감이 생겨 응급실에 내원하였고 급성간염을 진단받음. 사염화탄소로 인한 접촉성 피부염과 간독성이 발생하였음	급성간염 1명
2201)	국외	파티클보드 목재가루 건조공정에 근무하던 중 목재가루 건조과정에서 작은 불꽃이 튀었고 화재를 감지한 자동 소화 시스템이 작동하여 소화기 분말이 분사되면서 소화기 분말 내 트리클로로메탄과 사염화탄소에 노출되었음. 분말 노출 한 시간 후 해당 근로자는 소변량이 감소하여 입원하였고 급성신부전과 간수치 증가를 확인함. 소화기 분말에 같이 노출되었던 동료 근로자 4명도 3주 이후 사염화탄소 수치가 여전히 높음을 확인하였음. 해당 근로자는 알코올 남용자로 매일 120g 알코올을 섭취하였고 알코올이 사염화탄소의 간독성을 일으킨다는 보고가 있음	급성신부전, 간수치 증가 1명

197) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

198) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

199) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

200) 채희복 등. Trichlorethylene에 의한 급성간염 1예. 대한간학회지. 1999;5(1):59-64

201) Manno et al. Potentiation of occupational carbon tetrachloride toxicity by ethanol abuse. Human & experimental toxicology, 1996;15(4):294-300

3) 아크릴로니트릴

순서	구분	작업 상황	재해 결과
1202)	국내	ABS(Acrylonitrile-Butadiene-Styrene)수지를 원료로 한 오디오 케이스를 전기인두로 부착하는 작업 중 아크릴로니트릴 가스가 발생하여 반복적으로 오래 노출되면서 기관지 자극성 염증을 앓게 되었고 만성적인 감염에 의해 생기게 되면 기관지확장증까지 발생하였음. 전기인두 부착작업에서 인두로 지지게 되는 오디오케이스의 원료 ABS 수지는 인두의 열에 녹으면서 아크릴로니트릴이 발생하였으나 작업 환경에는 국소배기장치가 없었으며 보호구도 착용하지 않았던 것이 원인이었음	기관지 자극성 염증, 기관지확장증 1명
2	국외	3개월 간 아크릴로니트릴을 사용하는 실험실에서 연구를 하는 근로자가 손에 피부염을 호소하여 병원에 내원해 치료를 받았고 손가락에서 물집을 동반한 아급성 습진이 발생하였음을 확인함. 해당 실험실에서 근무를 멈추고 아크릴로니트릴을 사용하지 않는 실험실 근무로 이동한 후 습진은 빠르게 호전되었고 최종적으로 아크릴로니트릴에 의한 알레르기성 접촉 피부염을 진단받음	알레르기성 접촉 피부염 1명

202) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

4) 1,1,2,2-테트라클로로에탄

순서	구분	작업 상황	재해 결과
2203)	국외	팔찌 제작 공장에서 바닥에 앉아 아세테이트 필름을 깎은 후 1,1,2,2-테트라클로로에탄과 아세톤의 혼합물에 담구는 작업 중 공기보다 밀도가 높은 테트라클로로에탄이 바닥으로 가라앉아 근로자에게 노출되었고 해당 근로자는 복통, 두통, 어지러움을 호소하였음. 각 작업장의 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 농도는 9.1~98.0ppm으로 기준을 초과하는 것으로 확인됨	급성중독 1명

5) 퍼클로로에틸렌

순서	구분	작업 상황	재해 결과
1204)	국내	세탁실에서 작업을 하던 중 퍼클로로에틸렌 증기에 노출되어 폐부종, 심실 조기 수축 등이 나타남	폐부종, 심실 조기수축 1명
2	국외	미국의 드라이클리너 중 60%에서 퍼클로로에틸렌을 사용하고 있는데 한 세탁실에서 작업 중 물로 착각하고 퍼클로로에틸렌을 마심. 마신 10분 후 의식 상태가 저하되어 응급실로 이송되었고 기관 삽관과 인공호흡 후 4일 후 상태가 호전되어 퇴원하였음	의식저하 1명

203) Lobo-Mendonca. Tetrachloroethane—A survey. Occupational and Environmental Medicine. 1963;20(1):50-56

204) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 35).

표 35. 트리클로로메탄, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 퍼클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 방독마스크 	• 가스 상태로 발생할 경우 호흡기를 보호하기 위해 유기증기용 방독마스크를 착용 • 트리클로로메탄의 경우 0~100ppm에서 반면형, 101ppm부터 전면형 사용 • 사염화탄소의 경우 농도와 관계없이 전면형 사용
	전면형 공기호흡기 	• 아크릴로니트릴의 경우 0~20ppm에서 반면형, 21ppm부터 전면형 사용 • 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 경우 0~10ppm에서 반면형, 11ppm부터 전면형 사용 • 퍼클로로에틸렌의 경우 농도와 관계없이 전면형 사용
	송기마스크 	• 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 • 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

(1) 트리클로로메탄

○ 보관 시,

- 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.

○ 작업 습관은,

- 트리클로로메탄이 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 급성중독 증세가 나타나진 않는지 특이한 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.
- 트리클로로메탄 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 트리클로로메탄을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(2) 사염화탄소

○ 보관 시,

- 색이 없기 때문에 물 등으로 착각하여 마시지 않도록 사염화탄소를 담은 통에 라벨을 반드시 붙여두어야 합니다.
- 물과 닿으면 금속을 부식시키므로 물과 닿지 않도록 합니다.
- 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.

○ 작업 습관은,

- 사염화탄소는 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안

항상 인지하고 있어야 합니다. 두통, 어지러움, 집중력 저하 등의 급성중독 증세가 나타나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.

- 사염화탄소 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.

- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 사염화탄소를 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(3) 아크릴로니트릴

○ 보관 시,

- 색이 없거나 옅은 노란색을 띠기 때문에 물 등으로 착각하여 마시지 않도록 아크릴로니트릴을 담은 통에 라벨을 반드시 붙여두어야 합니다.

- 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.

○ 작업 습관은,

- 아크릴로니트릴은 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 기침, 호흡곤란, 가슴통증 등의 급성중독 증세가 나타나진 않는지 마늘, 양파향 같은 자극적인 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.

- 아크릴로니트릴 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.

- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 아크릴로니트릴을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는

반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(4) 1,1,2,2-테트라클로로에탄

○ 보관 시,

- 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.
- 화기나 고온에 가까이 두지 않아야 합니다. 고온에 분해되어 독성가스를 만들 수 있고 폭발할 수 있습니다.

○ 작업 습관은,

- 1,1,2,2-테트라클로로에탄은 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 두통, 어지러움, 구역, 구토 등의 급성중독 증세가 나타나진 않는지 달콤한 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.
- 아크릴로니트릴 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.
- 밀도가 높아 증기로 노출 시 바닥쪽으로 가라앉기 때문에 해당 물질을 다루는 작업을 할 때는 바닥에 앉아서 하지 않아야 합니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 1,1,2,2-테트라클로로에탄을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(5) 퍼클로로에틸렌

○ 보관 시,

- 색이 없기 때문에 물 등으로 착각하여 마시지 않도록 퍼클로로에틸렌을 담은 통에 라벨을 반드시 붙여두어야 합니다.
- 낮은 농도에서도 공기 중으로 쉽게 증발되므로 증기로 흡입되지 않도록 밀봉하여 보관합니다.
- 고온과 만나면 독성이 강한 가스를 발생시키기 때문에 화기나 고온에 가까이 두지 않아야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 퍼클로로에틸렌은 공기 중에 증기 형태로 존재할 수 있음을 작업을 하는 동안 항상 인지하고 있어야 합니다. 두통, 어지러움, 경련 등의 급성중독 증세가 나타나진 않는지 달콤한 냄새가 나진 않는지 혹은 물질 감지기 측정치가 정상치를 유지하고 있는지 수시로 확인하고 인지합니다.
- 퍼클로로에틸렌 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 됩니다. 창문, 문이 있을 시 취급 작업 중엔 닫지 않습니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 퍼클로로에틸렌을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
중추신경계	신경계는 크게 중추신경계와 말초신경계로 나뉘는데, 몸의 중심에 위치한 두개골 속 뇌와 척추 속 척수를 말함
피부 발진	피부색의 변화(붉어짐 등) 또는 질감의 변화(돌기 또는 부기)

생식독성	사람의 생식기능, 생식능력 또는 태아의 발생·발육에 유해한 영향을 주는 물질
유전독성	화학물질이 생명체의 유전적 결함을 유도하거나, 이를 촉진시키는 성질
청색증	혈액의 적절하지 않은 산소 양으로 발생하는 피부의 푸른 변
경련	갑작스럽게 발생하는 짧고, 의도하지 않았으며(불수의), 보통 고통스러운 근육 또는 근육 덩어리의 수축
말초신경계	몸의 끝부분에 주로 존재하여 뇌와 척수를 제외한 모든 신경을 말함
독성 간염	장기간 혹은 단기간의 화학물질 흡인 등으로 발생하는 간 기능의 손상
간 괴사	간조직의 파괴를 의미하며 이로인한 간기능이 급격히 저하되어 간기능상실이 발생하는 것
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
에프네프린	아드레날린이라고도 하며 호르몬 및 신경전달물질로 교감신경계를 활성화 함
부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한
다이소시아네이트(Diisocyanate), 염소(Chlorine),
염화수소(Hydrogen chloride) 또는
염산(Hydrochloric acid) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

14. 다이소시아네이트(diisocyanate), 염소, 염화수소 또는 염산에 노출되어 발생한
반응성 기도과민증후군

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
 - 3) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구를 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 디이소시아네이트, 염소, 염화수소, 염산을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 디이소시아네이트, 염소, 염화수소, 염산은 제14호 ‘디이소시아네이트(diisocyanate), 염소, 염화수소 또는 염산에 노출되어 발생한 반응성 기도과민증후군’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
 - 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

1) 디이소시아네이트²⁰⁵⁾

톨루엔-2,4-디이소시아네이트

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		관리대상유해물질	-
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		공정안전보고서(PSM) 제출대상물질	제조·취급·저장 100,000kg
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 0.005ppm, STEL 0.02ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 0.005ppm, STEL 0.02ppm
	화학물질관리법	유독물질	톨루엔 디이소시아네이트 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	제3석유류 비수용성액체	2000L
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 C 0.02ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 0.001ppm, STEL 0.005ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.005ppm, STEL 0.02ppm

205) 디이소시아네이트는 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 이외에 메틸렌비스페닐이소시아네이트, 이소포론 디이소시아네이트, 헥사메틸렌 디이소시아네이트 등이 있으나 그 중 일부를 표시하였음

톨루엔-2,6-디이소시아네이트

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		관리대상유해물질	-
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		공정안전보고서(PSM) 제출대상물질	제조·취급·저장 100,000kg
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 0.005ppm, STEL 0.02ppm
	화학물질관리법	유독물질	톨루엔 디이소시아네이트 및 이를 1% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	제3석유류 비수용성액체	2000L
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 0.001ppm, STEL 0.005ppm

2) 염소

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		관리대상유해물질	-
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		공정안전보고서(PSM) 제출대상물질	제조·취급·저장 100,000kg
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 0.5ppm, STEL 1ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 0.5ppm, STEL 1ppm
	화학물질관리법	사고대비물질	-

	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 1ppm(건설, 선박업만), C 1ppm(일반산업)
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 C 0.5ppm(15분)
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 0.1ppm, STEL 0.4ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.5ppm, STEL 1ppm

4) 염화수소, 염산

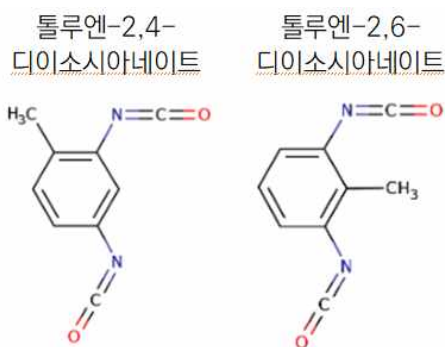
구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		관리대상유해물질	-
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		공정안전보고서(PSM) 제출대상물질	제조·취급·저장 100,000kg
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 1ppm, STEL 2ppm
	화학물질관리법	유독물질	염화수소 및 이를 10% 이상 함유한 혼합물
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 C 5ppm
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 C 5ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 C 2ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 0.3ppm, C 2ppm

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

1) 디이소시아네이트(그림 129²⁰⁶⁾) 그림 129. 디이소시아네이트 중 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 화학구조

○ 디이소시아네이트는 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 이외에 메틸렌비스페닐 이소시아네이트, 이소포론 디이소시아네이트, 헥사메틸렌 디이소시아네이트 등이 있습니다. 이중 톨루엔이소시아네이트는 6개의 이성체가 있으며 톨루엔-2,4-디이소시아네이트, 톨루엔-2,6-디이소시아네이트가 대표적입니다. 이 두 물질을 약 95% 이상, 약 2% 미만으로 섞은 혼합물이 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트가 많이 쓰입니다.



○ 톨루엔-2,4-디이소시아네이트의 CAS No.²⁰⁷⁾은 584-84-9, 톨루엔-2,6-디이소시아네이트의 CAS No.은 91-08-7입니다.

○ 화학식은 $C_9H_6N_2O_2$ 입니다.

○ 톨루엔-2,4-디이소시아네이트는 2,4-디이소시아네이트-1-메틸벤젠, TDI, 2,4-TDI, 2,4-톨루엔디이소시아네이트라고도 하며 톨루엔-2,6-디이소시아네이트는 2,6-TDI, 2,6-톨루엔디이소시아네이트, 톨루엔-2,6-디이소시아네이트라고도 합니다.

○ 색이 없으나 공기와 닿으면 연한 노란색을 띠는 고체 혹은 액체입니다. 특 쏘는 냄새가 납니다.

206) <https://echa.europa.eu/>

207) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유 번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

○ 녹는점은 11~14℃, 인화점은 135℃이므로 그 이상의 온도에서는 녹거나 불이 붙을 수 있습니다.

○ 물을 포함한 암모니아, 폴리올, 알코올, 아민류, 수산화나트륨, 수산화칼슘 등에 반응하여 열과 이산화탄소를 발생시킵니다.

2) 염소(그림 130²⁰⁸⁾)

그림 130. 염소
화학구조



○ 염소의 CAS No.은 7782-50-5입니다.

○ 화학식은 Cl입니다.

○ 황록색의 기체로 불쾌한 냄새가 있습니다. 또한 공기보다 2.5배 무겁습니다.

○ 자외선 존재 하에 수소와 반응하여 염화수소를 생성합니다.

○ 상온, 상압에서는 가스 형태로 존재하며 -34℃ 미만 혹은 압축액화 조건에서는 투명한 호박색 액체로 존재합니다.

4) 염화수소, 염산(그림 131²⁰⁹⁾)

그림 131. 염화수소,
염산 화학구조



○ 염화수소의 CAS No.은 7647-01-0입니다.

○ 화학식은 HCl입니다.

○ 염화수소는 염소 원자와 수소 원자가 공유 결합한 화합물입니다.

○ 염화수소 분자는 강한 극성을 띄어 물에 잘 녹는데 그 수용액이 염산입니다.

○ 상온, 상압에서 색이 없는 유독한 기체입니다.

○ 염화수소는 메탄올, 벤젠, 에테르와 같은 용매에도 잘 녹습니다.

○ 습한 환경에서는 습기에 염화수소가 녹아 염산이 생성되면 인체에 매우 해로울 수 있습니다.

208) <https://echa.europa.eu/>

209) <https://echa.europa.eu/>

2. 주로 어디에서 사용할까요?

1) 디이소시아네이트

○ 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트는 폴리우레탄 제조 공정에 원료로 사용되고 주로 가구, 악기, 자동차 등의 표면 도장제 및 광택제, 접착제, 단열재, 절연재 등으로 사용됩니다.

2) 염소

○ 염소는 금속 염화물, 염소화 용매, 작물보호제, 중합체 및 합성고무 제조에 사용됩니다. 또한 종이와 섬유 제조에서 표백제로도 사용됩니다.

3) 염화수소, 염산

○ 반도체 산업, 태양전지, 실리콘웨이퍼, 디스플레이 등에 다양하게 활용됩니다.

3. 왜 위험한가요?

1) 디이소시아네이트(그림 132)

○ 톨루엔 2,4/2,6-디이소시아네이트는 주로 코로 들어마셔 체내로 흡입되고 입으로 삼켜도 흡수될 수 있습니다.

○ 기관지의 감작을 유발하여 기관지 천식이 발생할 수 있고 초기에 새벽에 기침, 짹짹거리는 소리가 나는 증상이 나타납니다.

○ 디이소시아네이트에 의한 천식을 알레르기성 비염 등의 질환을 앓고 있

지 않더라도 디이소시아네이트에 노출되면 언제든지 발병할 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 디이소시아네이트에 노출되는 경우 폐에 염증을 유발해서 폐부종, 폐출혈이 발생할 수 있습니다.

○ 전체적으로 급성중독 증상으로 쉼쉼거리는 호흡하는 소리, 호흡곤란, 기침, 가래, 가슴통증, 잇몸 출혈, 코 출혈, 피부 멍, 두통, 집중력 저하, 보행장애, 호흡곤란, 발열, 근육통, 비강통증, 인후통, 눈 통증 등이 있습니다.

그림 132. 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트
위험표지



2) 염소(그림 133)

○ 염소는 주로 코로 들이마셔 체내로 흡입됩니다.

○ 체내로 흡수되면 염소는 치아염소산으로 변환되어 세포에 독성을 유발합니다.

○ 폐 속에 염증을 유발하여 폐부종, 화학적 폐렴이 발생할 수 있습니다.

○ 점막을 자극하여 기침, 인후통, 가슴통증이 발생할 수 있습니다.

○ 눈에 닿을 경우 염증을 유발하여 결막염이 발생하고 시력이 손상됩니다.

○ 치아에 닿을 경우 치아 부식을 유발하기도 합니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 염소에 노출되는 경우 호흡곤란, 가슴통증, 기침, 청색증, 쉼쉼거리는 호흡소리, 인후통, 눈에 타는 듯한 통증, 시력저하, 치아부식 및 통증 등의 증상이 나타납니다.

그림 133. 염소 위험표지



3) 염화수소, 염산(그림 134)

○ 염화수소는 코로 들이마시든 입으로 먹든 피부에 닿든 체내로 흡수될 수 있습니다.

○ 염화수소 기체는 점막에 강한 자극을 주어 상기도에 자극 증상을 발생시키고 심한 경우 상기도의 부종과 화학적 폐렴을 발생시킬 수 있습니다.

○ 피부에 닿는 경우 화학 화상을 입을 수 있고 긴 시간 동안 피부에 닿아 있을 경우 피부를 변색시킬 수 있습니다.

○ 입으로 삼킬 경우 소화기관이 협착(달라붙음), 천공(구멍남), 출혈(피가 남)을 유발할 수 있습니다.

그림 134. 염화수소, 염산 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

1) 이소시아네이트

순서	구분	작업 상황	결과
1 210)	국외	3개월 간 자동차 공장 페인트 도장작업 수행 후 운동 시 호흡곤란과 흉부의 압박감 증상이 발생하였고 주말에는 호전되고 아침에는 다시 악화되는 양상을 반복하였음. 2개월이 더 지난 후부터는 휴식 시에도 호흡곤란이 발생하였고 점점 악화되어 병원에 내원한 결과 과민성 폐렴을 진단받음	과민성 폐렴 1명

2) 염소

순서	구분	작업 상황	결과
1 211)	국내	생활용수 공급업체인 수산정수사업소 염소실에서 스패너를 사용하여 염소용기를 교체하는 작업 중 용기 밸브와 연결되어 있는 동관에 전부 제거되지 않고 남아있던 극소량의 염소가스를 흡입하였음. 결과적으로 흡입성 화상을 진단받음	흡입성 화상 1명
2 212)	국외	표백제와 식초를 혼합하여 플라스틱 용기에 담은 작업 중 용기에서 생성된 기체를 흡입함. 이후 근로자는 인후통, 가슴통증, 쉼쉼거리는 호흡음, 호흡곤란 증상을 호소하였고 병원 방문 결과 염소 기체로 인한 급성 흡입 폐손상을 진단받음. 근로자는 특히 과거 호흡기 관련 질환 이력이 없었음	급성폐손 상 1명

210) 오미나 등. 증례: 자동차 페인트 도장공에서 발생한 과민성 폐렴 1 예.

Tuberculosis and Respiratory Diseases. 2008;65(6):541-545

211) 한국산업안전보건공단 산업재해리스트

212) Katano et al. Case of acute inhalation injury caused by premeditated

3) 염화수소, 염산

순서	구분	작업 상황	결과
1 213)	국내	인쇄회로기판용 적층판 제조업체 부식실에서 액체 염산을 보충하기 위해 염산 밸브를 열어 보충하던 중 다른 용무로 자리를 비웠다가 염산액이 넘치는 것을 확인하지 못했고 뒤늦게 확인하여 염산 밸브를 잠그기 위해 부식실에 들어갔다가 염산액 탱크에서 넘쳐 바닥에 고인 액체 염산에서 기화된 염화수소를 흡입하여 결과적으로 화학성 폐렴을 진단받음	화학성 폐렴 1명
2	국외	건물에서 화재가 발생하였고 소방관이 출동하여 20분간 화재 진압 업무를 수행한 후 흉부가 조이는 듯한 느낌, 흉부 작열감, 호흡 곤란, 근육 경련 등이 발생하였고 24시간 동안 두통, 어지러움, 오심, 눈물 분비 과다 등의 증상도 지속됨. 화재 진압 업무 수행 수 시간 후 한 소방관이 침대 옆에 쓰러졌고 동료들이 즉시 병원으로 이송했지만 사망함. 발견 당시 청색증이 있었고 병원에서선 화학적 폐렴으로 인한 중증 폐출혈과 폐부종으로 진단함. 당시 화재 진압 작업에 소방관들은 마스크를 착용하지 못한 채 투입된 것이 원인이었음	화학적 폐렴, 사망 1명

chlorine gas exposure. Respirology Case Reports. 2021;9(5):e00743
213) 한국산업안전보건공단 산업재해리스트

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 호흡기로 흡입될 수 있는 디이소시아네이트, 염소, 염화수소를 직접 다루거나 부산물로 발생시킬 수 있는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ 호흡기를 통해 흡입되기 때문에 디이소시아네이트의 경우 톨루엔-2,4-디이소시아네이트 TWA 0.005ppm, STEL 0.02ppm, 톨루엔 2,6-디이소시

아네이트 TWA 0.005ppm, STEL 0.02ppm, 염소 TWA 0.5ppm, STEL 1ppm, 염화수소 및 염산 TWA 1ppm, STEL 2ppm을 초과하는 등의 경우 관리자는 노출된 근로자가 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다. 또한 입고 있던 옷을 벗어야 합니다. 이후 최대한 빨리 의료기관에서 진단 및 치료를 받을 수 있게 해주세요.

○ 눈에 닿은 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척하도록 해야 합니다.

○ 피부에 닿은 경우 눈과 동일하게 흐르는 생리식염수로 15분 이상 세척하도록 해야 합니다.

○ 입으로 삼킨 경우 역지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다²¹⁴⁾.

○ 모든 응급조치를 하였다 해도 이후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 디이소시아네이트, 염소, 염화수소, 염산 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

214) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 역지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 역지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있습니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다.
독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 36).

표 36. 디이소시아네이트, 염소, 염화수소, 염산 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명																				
마스크	전면형 방독마스크 	[디이소시아네이트, 염소] - 작업 시 전면형 방독마스크를 착용하여 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함 [염화수소, 염산] - 작업 시 0~10ppm은 반면형, 10ppm 이상은 전면형 방독마스크를 착용하여 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함																				
	반면형, 전면형 송기마스크 	[디이소시아네이트, 염소] - 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 [염화수소, 염산] - 작업 시 0~10ppm은 반면형, 10ppm 이상은 전면형 착용																				
보호복	화학물질용 보호복 	- 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 - 전용 개인 보호의를 갖도록 하고, 매일 깨끗한 것으로 교체하여 작업 전 착용하도록 함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	- 작업과정 시 화학물질이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 - 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	용액이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

(1) 디이소시아네이트

○ 이송 및 보관 시,

- 이송 시 누출이 없도록 해야 하고 가스 형태로 발생한다면 즉시 회수할 수 있는 국소배기장치 등을 설치해야 합니다.
- 물, 암모니아, 폴리올, 알코올 등과 닿지 않도록 관리해야 합니다. 닿을 경우 반응하면서 열과 이산화탄소를 발생시키므로 밀폐된 용기 안에서 과도한 압력이 발생할 수 있습니다.

○ 작업 습관은,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 급성중독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.
- 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 기체가 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.
- 톨루엔-2,4-디이소시아네이트 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 작업 환경을 점검하고 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안 설비 위치를 확인해 두세요.

(2) 염소

○ 이송 및 보관 시,

- 염소 기체를 코로 들이마실 경우 호흡기에 화상을 입는 등 급성 폐손상이 발생할 수 있으니 이송 및 보관 시 누출이 없도록 해야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도

록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 급성중독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.

- 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.

- 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 작업 환경을 점검하고 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안 설비 위치를 확인해 두세요.

(3) 염화수소, 염산

- 이송 및 보관 시,

- 염소 가스가 신체에 닿을 경우 염산으로 변해 심각한 화상을 입을 수 있으므로 이송 및 보관 시 누출이 없도록 해야 합니다.

- 작업 습관은,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 급성중독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.

- 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.

- 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 작업 환경을 점검하고 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안 설비 위치를 확인해 두세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
폐출혈	폐조직 손상에 의해 폐에 출혈이 있는 상태
화학적 폐렴	화학물질을 흡입함으로써 폐에 염증이 생김
청색증	혈액의 적절하지 않은 산소 양으로 발생하는 피부의 푸른 변색
결막염	눈을 감싸는 점막에 생기는 염증
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한
다이소시아네이트(Diisocyanate), 염소(Chlorine),
염화수소(Hydrogen chloride) 또는
염산(Hydrochloric acid) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

14. 다이소시아네이트(diisocyanate), 염소, 염화수소 또는 염산에 노출되어 발생한
반응성 기도과민증후군

목차

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 디이소시아네이트, 염소, 염화수소, 염산을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 디이소시아네이트, 염소, 염화수소, 염산은 제14호 ‘디이소시아네이트(diisocyanate), 염소, 염화수소 또는 염산에 노출되어 발생한 반응성 기도과민증후군’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

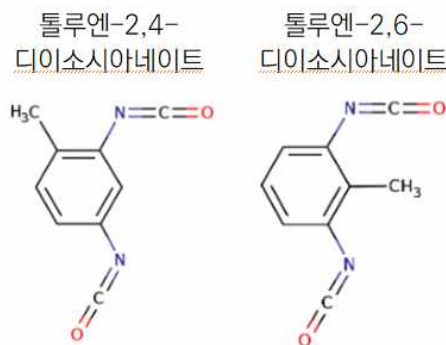
- 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.
 - 사망자가 1명 이상 발생한 경우
 - 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
 - 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?

1) 디이소시아네이트(그림 135²¹⁵⁾) 그림 135. 디이소시아네이트 중 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 화학구조

○ 디이소시아네이트는 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트 이외에 메틸렌비스페닐이소시아네이트, 이소포론 디이소시아네이트, 헥사메틸렌 디이소시아네이트 등이 있습니다. 이중 톨루엔이소시아네이트는 6개의 이성체가 있으며 톨루엔-2,4-디이소시아네이트, 톨루엔-2,6-디이소시아네이트가 대표적입니다. 이 두 물질을 약 95% 이상, 약 2% 미만으로 섞은 혼합물이 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트가 많이 쓰입니다.



○ 톨루엔-2,4-디이소시아네이트의 CAS No.²¹⁶⁾은 584-84-9, 톨루엔-2,6-디이소시아네이트의 CAS No.은 91-08-7입니다.

○ 화학식은 $C_9H_6N_2O_2$ 입니다.

○ 톨루엔-2,4-디이소시아네이트는 2,4-디이소시아네이트-1-메틸벤젠, TDI, 2,4-TDI, 2,4-톨루엔디이소시아네이트라고도 하며 톨루엔-2,6-디이소시아네이트는 2,6-TDI, 2,6-톨루엔디이소시아네이트, 톨루엔-2,6-디이소시아네이트라고도 합니다.

○ 색이 없으나 공기와 닿으면 연한 노란색을 띠는 고체 혹은 액체입니다. 특 쏘는 냄새가 납니다.

215) <https://echa.europa.eu/>

216) Chemical Abstract Service Register Number의 약자로 화학물질에 부여된 고유 번호입니다. CAS No.를 통해 화학물질을 구분하고 찾을 수 있습니다.

○ 녹는점은 11~14℃, 인화점은 135℃이므로 그 이상의 온도에서는 녹거나 불이 붙을 수 있습니다.

○ 물을 포함한 암모니아, 폴리에올, 알코올, 아민류, 수산화나트륨, 수산화칼슘 등에 반응하여 열과 이산화탄소를 발생시킵니다.

2) 염소(그림 136²¹⁷⁾)

그림 136. 염소
화학구조



○ 염소의 CAS No.은 7782-50-5입니다.

○ 화학식은 Cl입니다.

○ 황록색의 기체로 불쾌한 냄새가 있습니다. 또한 공기보다 2.5배 무겁습니다.

○ 자외선 존재 하에 수소와 반응하여 염화수소를 생성합니다.

○ 상온, 상압에서는 가스 형태로 존재하며 -34℃ 미만 혹은 압축액화 조건에서는 투명한 호박색 액체로 존재합니다.

4) 염화수소, 염산(그림 137²¹⁸⁾)

그림 137. 염화수소,
염산 화학구조



○ 염화수소의 CAS No.은 7647-01-0입니다.

○ 화학식은 HCl입니다.

○ 염화수소는 염소 원자와 수소 원자가 공유 결합한 화합물입니다.

○ 염화수소 분자는 강한 극성을 띠어 물에 잘 녹는데 그 수용액이 염산입니다.

○ 상온, 상압에서 색이 없는 유독한 기체입니다.

○ 염화수소는 메탄올, 벤젠, 에테르와 같은 용매에도 잘 녹습니다.

○ 습한 환경에서는 습기에 염화수소가 녹아 염산이 생성되면 인체에 매우 해로울 수 있습니다.

217) <https://echa.europa.eu/>

218) <https://echa.europa.eu/>

2. 주로 어디에서 사용할까요?

1) 디이소시아네이트

○ 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트는 폴리우레탄 제조 공정에 원료로 사용되고 주로 가구, 악기, 자동차 등의 표면 도장제 및 광택제, 접착제, 단열재, 절연재 등으로 사용됩니다.

2) 염소

○ 염소는 금속 염화물, 염소화 용매, 작물보호제, 중합체 및 합성고무 제조 등에 사용됩니다. 또한 종이와 섬유 제조에서 표백제로도 사용됩니다.

3) 염화수소, 염산

○ 반도체 산업, 태양전지, 실리콘웨이퍼, 디스플레이 등에 다양하게 활용됩니다.

3. 왜 위험한가요?

1) 디이소시아네이트(그림 138)

○ 톨루엔 2,4/2,6-디이소시아네이트는 주로 코로 들이마셔 체내로 흡입되고 입으로 삼켜도 흡수될 수 있습니다.

○ 기관지의 감작을 유발하여 기관지 천식이 발생할 수 있고 초기에 새벽에 기침, 쉼쉼거리는 소리가 나는 증상이 나타납니다.

○ 디이소시아네이트에 의한 천식을 알레르기성 비염 등의 질환을 앓고 있

지 않더라도 디이소시아네이트에 노출되면 언제든지 발병할 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 디이소시아네이트에 노출되는 경우 폐에 염증을 유발해서 폐부종, 폐출혈이 발생할 수 있습니다.

○ 전체적으로 급성중독 증상으로 쉼쉼거리는 호흡하는 소리, 호흡곤란, 기침, 가래, 가슴통증, 잇몸 출혈, 코 출혈, 피부 멍, 두통, 집중력 저하, 보행장애, 호흡곤란, 발열, 근육통, 비강통증, 인후통, 눈 통증 등이 있습니다.

그림 138. 톨루엔-2,4/2,6-디이소시아네이트
위험표지



2) 염소(그림 139)

○ 염소는 주로 코로 들이마셔 체내로 흡입됩니다.

○ 체내로 흡수되면 염소는 치아염소산으로 변환되어 세포에 독성을 유발합니다.

○ 폐 속에 염증을 유발하여 폐부종, 화학적 폐렴이 발생할 수 있습니다.

○ 점막을 자극하여 기침, 인후통, 가슴통증이 발생할 수 있습니다.

○ 눈에 닿을 경우 염증을 유발하여 결막염이 발생하고 시력이 손상됩니다.

○ 치아에 닿을 경우 치아 부식을 유발하기도 합니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 염소에 노출되는 경우 호흡곤란, 가슴통증, 기침, 청색증, 쉼쉼거리는 호흡소리, 인후통, 눈에 타는 듯한 통증, 시력저하, 치아부식 및 통증 등의 증상이 나타납니다.

그림 139. 염소 위험표지



3) 염화수소, 염산(그림 140)

○ 염화수소는 코로 들이마시든 입으로 먹든 피부에 닿든 체내로 흡수될 수 있습니다.

○ 염화수소 기체는 점막에 강한 자극을 주어 상기도에 자극 증상을 발생시키고 심한 경우 상기도의 부종과 화학적 폐렴을 발생시킬 수 있습니다.

○ 피부에 닿는 경우 화학 화상을 입을 수 있고 긴 시간 동안 피부에 닿아 있을 경우 피부를 변색시킬 수 있습니다.

○ 입으로 삼킬 경우 소화기관이 협착(달라붙음), 천공(구멍남), 출혈(피가 남)을 유발할 수 있습니다.

그림 140. 염화수소, 염산 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

1) 이소시아네이트

순서	구분	작업 상황	결과
1 219)	국외	3개월 간 자동차 공장 페인트 도장작업 수행 후 운동 시 호흡곤란과 흉부의 압박감 증상이 발생하였고 주말에는 호전되고 아침에는 다시 악화되는 양상을 반복하였음. 2개월이 더 지난 후부터는 휴식 시에도 호흡곤란이 발생하였고 점점 악화되어 병원에 내원한 결과 과민성 폐렴을 진단받음	과민성 폐렴 1명

2) 염소

순서	구분	작업 상황	결과
1 220)	국내	생활용수 공급업체인 수산정수사업소 염소실에서 스패너를 사용하여 염소용기를 교체하는 작업 중 용기 밸브와 연결되어 있는 동관에 전부 제거되지 않고 남아있던 극소량의 염소가스를 흡입하였음. 결과적으로 흡입성 화상을 진단받음	흡입성 화상 1명
2 221)	국외	표백제와 식초를 혼합하여 플라스틱 용기에 담는 작업 중 용기에서 생성된 기체를 흡입함. 이후 근로자는 인후통, 가슴통증, 쉼쉼거리는 호흡음, 호흡곤란 증상을 호소하였고 병원 방문 결과 염소 기체로 인한 급성 흡입 폐손상을 진단받음. 근로자는 특히 과거 호흡기 관련 질환 이력이 없었음	급성폐손 상 1명

219) 오미나 등. 증례: 자동차 페인트 도장공에서 발생한 과민성 폐렴 1 예.

Tuberculosis and Respiratory Diseases. 2008;65(6):541-545

220) 한국산업안전보건공단 산업재해리스트

221) Katano et al. Case of acute inhalation injury caused by premeditated

3) 염화수소, 염산

순서	구분	작업 상황	결과
1 222)	국내	인쇄회로기판용 적층판 제조업체 부식실에서 액체 염산을 보충하기 위해 염산 밸브를 열어 보충하던 중 다른 용무로 자리를 비웠다가 염산액이 넘치는 것을 확인하지 못했고 뒤늦게 확인하여 염산 밸브를 잠그기 위해 부식실에 들어갔다가 염산액 탱크에서 넘쳐 바닥에 고인 액체 염산에서 기화된 염화수소를 흡입하여 결과적으로 화학성 폐렴을 진단받음	화학성 폐렴 1명
2	국외	건물에서 화재가 발생하였고 소방관이 출동하여 20분간 화재 진압 업무를 수행한 후 흥부가 조이는 듯한 느낌, 흥부 작열감, 호흡 곤란, 근육 경련 등이 발생하였고 24시간 동안 두통, 어지러움, 오심, 눈물 분비 과다 등의 증상도 지속됨. 화재 진압 업무 수행 수 시간 후 한 소방관이 침대 옆에 쓰러졌고 동료들이 즉시 병원으로 이송했지만 사망함. 발견 당시 청색증이 있었고 병원에서선 화학적 폐렴으로 인한 중증 폐출혈과 폐부종으로 진단함. 당시 화재 진압 작업에 소방관들은 마스크를 착용하지 못한 채 투입된 것이 원인이었음	화학적 폐렴, 사망 1명

chlorine gas exposure. Respiriology Case Reports. 2021;9(5):e00743
 222) 한국산업안전보건공단 산업재해리스트

제3장. 재해예방 조치사항

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 37).

표 37. 디이소시아네이트, 염소, 염화수소, 염산 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	전면형 방독마스크 	[디이소시아네이트, 염소] - 작업 시 전면형 방독마스크를 착용하여 직접 코로 들어마시는 경우가 없게 함 [염화수소, 염산] - 작업 시 0~10ppm은 반면형, 10ppm 이상은 전면형 방독마스크를 착용하여 직접 코로 들어마시는 경우가 없게 함
	반면형, 전면형 송기마스크 	[디이소시아네이트, 염소] - 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함 [염화수소, 염산] - 작업 시 0~10ppm은 반면형, 10ppm 이상은 전면형 착용

보호복	화학물질용 보호복 	• 피부로도 노출되므로 접액을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 • 전용 개인 보호의를 갖도록 하고, 매일 깨끗한 것으로 교체하여 작업 전 착용하도록 함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 작업과정 시 화학물질이 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	• 용액이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

(1) 디이소시아네이트

○ 이송 및 보관 시,

- 이송 시 누출이 없도록 해야 하고 가스 형태로 발생한다면 즉시 회수할 수 있는 국소배기장치 등을 설치해야 합니다.

- 녹는점은 11~14℃, 인화점은 135℃이므로 그 이상의 온도에서는 녹거나 불이 붙을 수 있으므로 적정 온도를 유지하여 보관해야 합니다.

- 물, 암모니아, 폴리에틸렌, 알코올 등과 닿지 않도록 관리해야 합니다. 닿을 경

우 반응하면서 열과 이산화탄소를 발생시키므로 밀폐된 용기 안에서 과도한 압력이 발생할 수 있습니다.

○ 작업 습관은,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 톨루엔-2,4/2,6-다이소시아네이트 급성중독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.
- 톨루엔-2,4/2,6-다이소시아네이트 기체가 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.
- 톨루엔-2,4-다이소시아네이트 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 작업 환경을 점검하고 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안 설비 위치를 확인해 두세요.

(2) 염소

○ 이송 및 보관 시,

- 염소 기체를 코로 들이마실 경우 호흡기에 화상을 입는 등 급성 폐손상이 발생할 수 있으니 이송 및 보관 시 누출이 없도록 해야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 급성중독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.
- 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.
- 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 작업 환경을 점검하고 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안 설비 위치를 확인해 두

세요.

(3) 염화수소, 염산

○ 이송 및 보관 시,

- 염소 가스가 신체에 닿을 경우 염산으로 변해 심각한 화상을 입을 수 있으므로 이송 및 보관 시 누출이 없도록 해야 합니다.

○ 작업 습관은,

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 하고 동료 근로자가 급성중독 증세가 나타나는 경우 즉시 관리자에게 이를 알리고 응급실로 이송하도록 합니다.

- 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키면 안 되며 작업 전에도 15분 이상 환기팬을 계속 가동하여 지속적으로 환기를 해야 합니다.

- 용액이 신체에 쏟아지지 않도록 항상 작업 환경을 점검하고 보호복, 안전장갑 등의 보호구를 착용하여야 합니다. 또한 근처 세안 설비 위치를 확인해 두세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
폐출혈	폐조직 손상에 의해 폐에 출혈이 있는 상태
화학적 폐렴	화학물질을 흡입함으로써 폐에 염증이 생김
청색증	혈액의 적절하지 않은 산소 양으로 발생하는 피부의 푸른 변색
결막염	눈을 감싸는 점막에 생기는 염증
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

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, 악성 종양 등 다른 원인으로 발생한 스티븐스존슨 증후군은 제외한다.

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
 - 3) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구를 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 트리클로로에틸렌을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 트리클로로에틸렌은 제15호 ‘트리클로로에틸렌에 노출되어 발생한 스티븐스존슨 증후군(stevens-johnson syndrome)’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

1) 트리클로로에틸렌

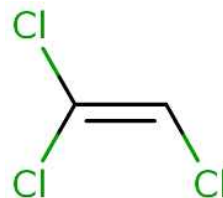
구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		관리대상유해물질	-
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		특별관리물질	-
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 10ppm, STEL 25ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 10ppm, STEL 25ppm
	화학물질관리법	유독물질	트리클로로에틸렌 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
		제한물질	트리클로로에틸렌 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
	폐기물관리법	폐유기용제	할로겐족 폐유기용제
	대기환경보전법	특정대기유해물질	배출허용기준 50ppm
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 100ppm, C 200ppm, Peak 300ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 10ppm, STEL 25ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 25ppm, STEL 100ppm, C 300ppm

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 141²²³⁾)

- 트리클로로에틸렌의 CAS No.은 79-01-6입니다.
- 화학식은 C_2HCl_3 입니다.
- 에틸렌 트리클로라이드, TCE, 트리클로로에텐, 트릴렌이라고도 합니다.
- 색이 없고 불이 붙지 않는 불연성의 액체입니다. 달콤한 냄새가 납니다.
- 물보다 무겁고 상온에서 휘발성이 높습니다. 끓는점이 87°C 이므로 세척조 등 작업 환경에서 공기 중에 쉽게 증기로 휘발되기 쉽습니다.

그림 141.
트리클로로에틸렌
화학구조



2. 주로 어디에서 사용할까요?

- 국내 트리클로로에틸렌의 사용량은 연간 약 7만 톤입니다. 이로 인해 노출 가능한 근로자 수는 약 5,800명으로 추계되고 있습니다.
- 1960년 상업적으로 합성된 이후 뛰어난 탈지 작용으로 사용량의 약 80%가 자동차 혹은 금속 산업에서 금속부품의 탈지 용매로 활용되어 왔습니다. 그 외에도 희석제, 세척제 및 다양한 제품의 중간산물로도 사용됩니다.
- 트리클로로에틸렌은 주로 가정용 비전기식 조리 및 난방기기/전열기기 제조업, 공기조화장치 제조업, 광섬유 및 광학요소 제조업, 구조용 금속판제품 및 금속공작물 제조업, 귀금속 장신구 및 관련제품 제조업, 기타 가공공작기

223) <https://echa.europa.eu/>

계 제조업, 고무제품 제조업, 금속 절삭가공기계 제조업, 금속압형제품 제조업, 인쇄업, 자동차 및 트레일러 부품제조업, 전자부품·영상·음향 및 통신장비 제조업, 도금업에서 탈지제 및 용제로 사용됩니다.

○ 2004~2011년 일부 작업환경측정 자료에 따르면 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비 제조업에서 가장 많이 노출되고 있으며 다음으로 금속가공제품 제조업, 자동차 및 트레일러 제조업 순으로 노출이 많았습니다. 그중 주로 세척제거(표 38²²⁴⁾)와 도장도포 고정에서 노출 빈도가 높았습니다(표 39²²⁵⁾). 공정으로는 세척제거 공정, 도장도포, 인쇄·종이·목재, 용접 순으로 노출 빈도가 높았습니다(그림 142²²⁶⁾).

표 38. 트리클로로에틸렌의 노출빈도가 높은 업종

순위	업종명
1	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업
2	금속가공제품 제조업 (기계 및 가구 제외)
3	자동차 및 트레일러 제조업
4	기타 기계 및 장비 제조업
5	1차 금속 제조업
6	전기 장비 제조업
7	화학물질 및 화학제품 제조업 (의약품 제외)
8	고무제품 및 플라스틱제품 제조업
9	인쇄 및 기록매체 복제업
10	섬유제품 제조업(의복 제외)

224) 대한산업보건협회, 허용기준 대상물질 13종 노출 실태 조사 연구 트리클로로에틸렌, 2014.

225) 대한산업보건협회, 허용기준 대상물질 13종 노출 실태 조사 연구 트리클로로에틸렌, 2014.

226) 함승현 등, 도금 사업장 근로자에게 발생한 시안화수소 급성중독과 작업환경평가, 한국 산업보건학회지 2019;29(3):336-342

표 39. 트리클로로에틸렌의
노출빈도가 높은 공정

순위	공정명
1	세척제거
2	도장도포
3	인쇄, 종이, 목재
4	용접
5	성형
6	준비
7	접착
8	검사
9	조립
10	정제

그림 142. 트리클로로에틸렌이 담긴 세척조에서
금속부품을 담겼다 빼는 작업을 반복하는 세척작업



3. 왜 위험한가요?(그림 143)

○ 세계보건기구 국제암연구소(WHO IARC)²²⁷⁾에서는 트리클로로에틸렌에 노출될 경우 사람에게 암이 발생이 발생할 수 있는 충분한 근거가 있다고 평가하여 이를 인체발암물질 Group 1으로 구분하고 있습니다. 또한 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)에서는 트리클로로에틸렌을 인체발암가능물질인 A2로 지정하고 있습니다.

○ 생식독성이 있어 동물 실험에서 간암과 신장암을 발생시킨다는 결과가 있고 여성에겐 월경 불순이 남성에게 성욕 감소가 나타납니다.

○ 트리클로로에틸렌 기체를 코로 들이마시게 되면 중추신경계를 억제하여 피로, 현기증, 두통, 기억력 저하, 집중력 장애 등의 증상이 나타납니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 트리클로로에틸렌에 노출되는 경우 중추신경계 억제뿐만 아니라 시각장애, 청력저하가 나타납니다.

○ 심혈관계에 작용하여 부정맥이 발생할 수 있습니다.

○ 폐, 간 및 신장에 영향을 미쳐 급성 간독성 및 급성신부전, 호흡곤란, 폐부종 등이 나타날 수 있습니다.

○ 100ppm 이상의 농도로 장기간 노출되면 근육통, 위장관 장애 등을 초래합니다.

○ 피부에 닿으면 자극으로 인해 트거나 홍반 등이 생길 수 있습니다.

227) 국제연합(UN) 세계보건기구 산하기관으로, 암의 원인에 대해 연구를 지휘하고 조정하는 역할을 함

그림 143. 트리클로로에틸렌
위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1 228)	국내	2005년 11월 22일부터 조립용 가구제품의 금속 프레임을 TCE를 이용한 세척, 건조, 분체 도장하는 소규모 사업장에서 일을 시작하였고 업무를 시작한지 20일 후부터 복부에 반점성 발진이 발생함. 10일 후 얼굴을 제외한 전신으로 발진이 확산되었고 25일 후에는 얼굴에도 병변이 나타나고 표피 벗음이 발생하여 대학병원에 내원해 치료 받음. 32일 후 호흡곤란 증상과 피부 증상 악화로 입원하였고 간 기능 장애와 발열이 추가로 나타남. 39일 후 스티븐스존슨 증후군 또는 독성 표피괴사증후군, 전격성 간염, 패혈증을 진단 받고 42일 후 전격성 간염 및 피부병변에 의한 패혈증으로 사망함. 해당 근로자의 구체적인 작업 공정은 사무용 기구나 조명기구에 사용되는 금속프레임을 납품받아 TCE를 이용한 증기 탈지세척 후 건조시켜 분체도장을 하고 검사 및 포장하여 납품하는 공정이었음. 주로 TCE액이 담긴 세척조에 금속제품이 걸린 호이스트 크레인을 담갔다 빼는 작업을 수행하였고 세척조의 내부열선을 약 80℃로 가열시켜 TCE 증기가 피 세척물 상방에까지 올라오는 것을 확인하고 가열전원을 끄는 방식이었음. 세척조의 냉각코일은 작동되지 않았고 세척조 주변에는 국소환기 시설이 갖추어지지 않았음. 세척작업 당시에는 분진 마스크를 쓰고 작업함	스티븐스존슨 증후군, 전격성 간염, 패혈증, 사망 1명

2 229)	국내	2006년 4월 17일부터 금속제 손가락과 포크를 광택 연마, TCE를 이용한 세척, 검사 및 포장하는 소규모 사업장에서 일을 시작한지 30일 후 감기증상이 발생하며 왼쪽 팔에 소양감을 동반한 발진이 발생함. 다음날 전신으로 발진이 번져 병원에 내원 및 입원하였고 피부증상 악화로 전신의 부종, 발열 및 간 기능 이상 소견이 나타났음. 이후 피부 병변의 표피 벗음과 구강점막 침범, 림프절증이 발견되었고 지속되는 급성간염과 폐부종에 의한 호흡곤란으로 결국 스티븐스존슨 증후군, 독성간염 및 TCE에 의한 과민반응 의심을 진단받음. 치료 후 37일 만에 호전되어 퇴원하였음. 당시 초음파를 사용하는 TCE액이 담긴 세척조에 금속부품을 담갔다 세척조 내의 건조로로 옮겨 건조 후 빼는 작업을 하루 8시간가량 하였음. 작업 당시에는 본인이 구입한 일반마스크를 착용하였음	스티븐스존슨 증후군 1명
3	국외	싱가포르의 소형 금속부품 제조업체의 일부만 폐쇄된 TCE 탱크가 있는 작업장에서 금속분말을 계측하는 작업 근로자가 입사 3주 후에 다형 홍반성 병변으로 사망함	사망 1명

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 트리클로로에틸렌을 직접 다루거나 발생하는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

228) 이선웅 등. 직업적 노출에 의한 스티븐스-존슨 증후군에서 트리클로로에틸렌의 노출 수준. 대한직업환경의학회. 2008;20(2):132-146

229) 이선웅 등. 직업적 노출에 의한 스티븐스-존슨 증후군에서 트리클로로에틸렌의 노출 수준. 대한직업환경의학회. 2008;20(2):132-146

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 트리클로로에틸렌에 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

3) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.

○ 트리클로로에틸렌이 사용되는 공정을 자동화하여 근로자가 노출되는 상황을 제거하는 것을 고려해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ 트리클로로에틸렌이 TWA 10ppm 혹은 STEL 25ppm을 초과하여 노출된 근로자를 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다. 이때 동료 근로자와 구조대원 또한 노출된 근로자를 구할 시 적절한 보호복과 마스크 등을 착용해야 합니다.

○ 눈에 닿은 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척하도록 해야 합니다.

○ 피부에 닿은 경우 눈과 동일하게 흐르는 생리식염수로 15분 이상 세척

하도록 해야 합니다.

○ 입으로 삼킨 경우 역지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다²³⁰⁾.

○ 모든 응급조치를 하였다 해도 이후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 인 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야 합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

230) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 역지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 역지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있음

4) 대체물질을 검토하세요.

- 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다.
독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.
- 현재로써는 세척작업 시 대체 세척물질로 친환경세척제 BCS-3000, 친환경솔벤트 MX-SOLV 등을 고려할 수 있습니다.
- 트리클로로에틸렌은 대기오염 물질로 유럽과 선진국에서는 사용이 금지된 물질입니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

- 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구를 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

- 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 하도록 지도해야 합니다. 이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로 확인 후 적절한 보호구를 착용하도록 지도하세요(표 40).

표 40. 트리클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명																				
마스크	유기증기용 방독마스크 	작업 시 반드시 유기증기용 방독마스크를 착용하여 트리클로로에틸렌을 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함																				
	전면형 송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함																				
보호복	화학물질용 보호복 	- 피부에 닿는 것을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 3형식 또는 4형식(전신)을 착용함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	- 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 - 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 - 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

○ 보관 시,

- 트리클로로에틸렌의 경우 근로자에게 노출을 최소화하기 위해 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.
- 고열에는 증기로 발생하기 때문에 화기나 고열 근처에 두지 않습니다.

○ 작업 습관으로,

- 전면형 방독마스크 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.
- 트리클로로에틸렌 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 트리클로로에틸렌을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것
급성 간독성	장기간 혹은 단기간의 화학물질 흡인 등으로 발생하는 간 기능의 손상
급성 신부전	신장 기능이 갑자기 떨어진 상태로 신장 기능이 떨어지면 몸 안의 노폐물 배출에 문제가 생겨 요독이 쌓이고 수분과 전해질의 균형이 깨짐
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

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, 악성 종양 등 다른 원인으로 발생한 스티븐스존슨 증후군은 제외한다.

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 트리클로로에틸렌을 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 트리클로로에틸렌은 제15호 ‘트리클로로에틸렌에 노출(해당 물질에 노출되는 업무에 종사하지 않게 된 후 3개월이 지난 경우는 제외한다)되어 발생한 스티븐스존슨 증후군(stevens-johnson syndrome)’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

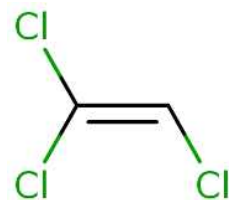
제2장. 급성중독

1. 어떤 물질인가요?(그림 144²³¹⁾)

- 트리클로로에틸렌의 CAS No.은 79-01-6입니다.
- 화학식은 C_2HCl_3 입니다.
- 에틸렌 트리클로라이드, TCE, 트리클로로에텐, 트릴렌이라고도 합니다.
- 색이 없고 불이 붙지 않는 불연성의 액체입니다. 달콤한 냄새가 납니다.

○ 물보다 무겁고 상온에서 휘발성이 높습니다. 끓는점이 87°C 이므로 세척조 등 작업 환경에서 공기 중에 쉽게 증기로 휘발되기 쉽습니다.

그림 144.
트리클로로에틸렌
화학구조



2. 주로 어디에서 사용할까요?

○ 국내 트리클로로에틸렌의 사용량은 연간 약 7만 톤입니다. 이로 인해 노출 가능한 근로자 수는 약 5,800명으로 추계되고 있습니다.

○ 1960년 상업적으로 합성된 이후 뛰어난 탈지 작용으로 사용량의 약 80%가 자동차 혹은 금속 산업에서 금속부품의 탈지 용매로 활용되어 왔습니다. 그 외에도 희석제, 세척제 및 다양한 제품의 중간산물로도 사용됩니다.

○ 트리클로로에틸렌은 주로 가정용 비전기식 조리 및 난방기기/전열기기 제조업, 공기조화장치 제조업, 광섬유 및 광학요소 제조업, 구조용 금속판제품 및 금속공작물 제조업, 귀금속 장신구 및 관련제품 제조업, 기타 가공공작기

231) <https://echa.europa.eu/>

계 제조업, 고무제품 제조업, 금속 절삭가공기계 제조업, 금속압형제품 제조업, 인쇄업, 자동차 및 트레일러 부품제조업, 전자부품·영상·음향 및 통신장비 제조업, 도금업에서 탈지제 및 용제로 사용됩니다.

○ 2004~2011년 일부 작업환경측정 자료에 따르면 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비 제조업에서 가장 많이 노출되고 있으며 다음으로 금속가공제품 제조업, 자동차 및 트레일러 제조업 순으로 노출이 많았습니다. 그중 주로 세척제거(표 41²³²⁾)와 도장도포 고정에서 노출 빈도가 높았습니다(표 42²³³⁾). 공정으로는 세척제거 공정, 도장도포, 인쇄·종이·목재, 용접 순으로 노출 빈도가 높았습니다(그림 145²³⁴⁾).

표 41. 트리클로로에틸렌의 노출빈도가 높은 업종

순위	업종명
1	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업
2	금속가공제품 제조업 (기계 및 가구 제외)
3	자동차 및 트레일러 제조업
4	기타 기계 및 장비 제조업
5	1차 금속 제조업
6	전기 장비 제조업
7	화학물질 및 화학제품 제조업 (의약품 제외)
8	고무제품 및 플라스틱제품 제조업
9	인쇄 및 기록매체 복제업
10	섬유제품 제조업(의복 제외)

232) 대한산업보건협회, 허용기준 대상물질 13종 노출 실태 조사 연구 트리클로로에틸렌, 2014.

233) 대한산업보건협회, 허용기준 대상물질 13종 노출 실태 조사 연구 트리클로로에틸렌, 2014.

234) 함승헌 등, 도금 사업장 근로자에게 발생한 시안화수소 급성중독과 작업환경평가, 한국 산업보건학회지 2019;29(3):336-342

표 42. 트리클로로에틸렌 노출빈도가
높은 공정

순위	공정명
1	세척제거
2	도장도포
3	인쇄, 종이, 목재
4	용접
5	성형
6	준비
7	접착
8	검사
9	조립
10	정제

그림 145. 트리클로로에틸렌이 담긴 세척조에서
금속부품을 담겼다 빼는 작업을 반복하는 세척작업



3. 왜 위험한가요?(그림 146)

○ 세계보건기구 국제암연구소(WHO IARC)²³⁵⁾에서는 트리클로로에틸렌에 노출될 경우 사람에게 암이 발생이 발생할 수 있는 충분한 근거가 있다고 평가하여 이를 인체발암물질 Group 1으로 구분하고 있습니다. 또한 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)에서는 트리클로로에틸렌을 인체발암가능물질인 A2로 지정하고 있습니다.

○ 생식독성이 있어 동물 실험에서 간암과 신장암을 발생시킨다는 결과가 있고 여성에겐 월경 불순이 남성에겐 성욕 감소가 나타납니다.

○ 트리클로로에틸렌 기체를 코로 들이마시게 되면 중추신경계를 억제하여 피로, 현기증, 두통, 기억력 저하, 집중력 장애 등의 증상이 나타납니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 트리클로로에틸렌에 노출되는 경우 중추신경계 억제뿐만 아니라 시각장애, 청력저하가 나타납니다.

○ 심혈관계에 작용하여 부정맥이 발생할 수 있습니다.

○ 폐, 간 및 신장에 영향을 미쳐 급성 간독성 및 급성신부전, 호흡곤란, 폐부종 등이 나타날 수 있습니다.

○ 100ppm 이상의 농도로 장기간 노출되면 근육통, 위장관 장애 등을 초래합니다.

○ 피부에 닿으면 자극으로 인해 트거나 홍반 등이 생길 수 있습니다.

235) 국제연합(UN) 세계보건기구 산하기관으로, 암의 원인에 대해 연구를 지휘하고 조정하는 역할을 함

그림 146. 트리클로로에틸렌
위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

순서	구분	작업 상황	결과
1 236)	국내	2005년 11월 22일부터 조립용 가구제품의 금속 프레임을 TCE를 이용한 세척, 건조, 분체 도장하는 소규모 사업장에서 일을 시작하였고 업무를 시작한지 20일 후부터 복부에 반점성 발진이 발생함. 10일 후 얼굴을 제외한 전신으로 발진이 확산되었고 25일 후에는 얼굴에도 병변이 나타나고 표피 벗음이 발생하여 대학병원에 내원해 치료 받음. 32일 후 호흡곤란 증상과 피부 증상 악화로 입원하였고 간 기능 장애와 발열이 추가로 나타남. 39일 후 스티븐스존슨 증후군 또는 독성 표피괴사용해증, 전격성 간염, 패혈증을 진단 받고 42일 후 전격성 간염 및 피부병변에 의한 패혈증으로 사망함. 해당 근로자의 구체적인 작업 공정은 사무용 기구나 조명기구에 사용되는 금속프레임을 납품받아 TCE를 이용한 증기 탈지세척 후 건조시켜 분체도장을 하고 검사 및 포장하여 납품하는 공정이었음. 주로 TCE액이 담긴 세척조에 금속제품이 걸린 호이스트 크레인을 담갔다 빼는 작업을 수행하였고 세척조의 내부열선을 약 80℃로 가열시켜 TCE 증기가 피 세척물 상방에까지 올라오는 것을 확인하고 가열전원을 끄는 방식이었음. 세척조의 냉각코일은 작동되지 않았고 세척조 주변에는 국소환기 시설이 갖추어지지 않았음. 세척작업 당시에는 분진 마스크를 쓰고 작업함	스티븐스존슨 증후군, 전격성 간염, 패혈증, 사망 1명

2 237)	국내	2006년 4월 17일부터 금속제 손가락과 포크를 광택 연마, TCE를 이용한 세척, 검사 및 포장하는 소규모 사업장에서 일을 시작한지 30일 후 감기증상이 발생하며 왼쪽 팔에 소양감을 동반한 발진이 발생함. 다음날 전신으로 발진이 번져 병원에 내원 및 입원하였고 피부증상 악화로 전신의 부종, 발열 및 간 기능 이상 소견이 나타났음. 이후 피부 병변의 표피 벗음과 구강점막 침범, 림프절증이 발견되었고 지속되는 급성간염과 폐부종에 의한 호흡곤란으로 결국 스티븐스존슨 증후군, 독성간염 및 TCE에 의한 과민반응 의심을 진단받음. 치료 후 37일 만에 호전되어 퇴원하였음. 당시 초음파를 사용하는 TCE액이 담긴 세척조에 금속부품을 담갔다 세척조 내의 건조로로 옮겨 건조 후 빼는 작업을 하루 8시간가량 하였음. 작업 당시에는 본인이 구입한 일반마스크를 착용하였음	스티븐스존슨 증후군 1명
3	국외	싱가포르의 소형 금속부품 제조업체의 일부만 폐쇄된 TCE 탱크가 있는 작업장에서 금속분말을 계측하는 작업 근로자가 입사 3주 후에 다형 홍반성 병변으로 사망함	사망 1명

236) 이선웅 등. 직업적 노출에 의한 스티븐스-존슨 증후군에서 트리클로로에틸렌의 노출 수준. 대한직업환경의학회. 2008;20(2):132-146

237) 이선웅 등. 직업적 노출에 의한 스티븐스-존슨 증후군에서 트리클로로에틸렌의 노출 수준. 대한직업환경의학회. 2008;20(2):132-146

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 43).

표 43. 트리클로로에틸렌 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	유기증기용 방독마스크 	작업 시 반드시 유기증기용 방독마스크를 착용하여 트리클로로에틸렌을 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함
	전면형 송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
보호복	화학물질용 보호복 	- 피부에 닿는 것을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 3형식 또는 4형식(전신)을 착용함

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 • 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	• 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

○ 보관 시,

- 트리클로로에틸렌의 경우 근로자에게 노출을 최소화하기 위해 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.
- 고열에는 증기로 발생하기 때문에 화기나 고열 근처에 두지 않습니다.

○ 작업 습관으로,

- 전면형 방독마스크 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.
- 트리클로로에틸렌 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.
- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 트리클로로에틸렌을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록

무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것
급성 간독성	장기간 혹은 단기간의 화학물질 흡인 등으로 발생하는 간 기능의 손상
급성 신부전	신장 기능이 갑자기 떨어진 상태로 신장 기능이 떨어지면 몸 안의 노폐물 배출에 문제가 생겨 요독이 쌓이고 수분과 전해질의 균형이 깨짐
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene), 디메틸포름아미드(Dimethylformamide) 자율안전보건 가이드

(관리자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

16. 트리클로로에틸렌 또는 디메틸포름아미드(dimethylformamide)에 노출(해당물질에 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.

목차

제1장. 개요

1. 가이드는 왜 필요할까요?
2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책
 - 1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.
 - 2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.
 - 3) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.
2. 관리적 대책
 - 1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.
 - 2) 취급, 보관 및 비상조치를 확인하고 임무를 숙지하세요.
 - 3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.
 - 4) 대체물질을 검토하세요.
 - 5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.
3. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 트리클로로에틸렌, 디메틸포름아미드를 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 사업주 및 관리자는 해당 기업에서 근로자가 수행하는 작업을 확인하여 이에 따른 자율안전보건관리 체계를 구축하고 이행하는 데 활용할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 트리클로로에틸렌, 디메틸포름아미드는 제 16호 ‘트리클로로에틸렌 또는 디메틸포름아미드(dimethylformamide)에 노출되어 발생한 독성 간염’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

2. 취급에 따른 국내·외 법적 규제사항을 확인하세요.

1) 트리클로로에틸렌

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		관리대상유해물질	-
		특수건강진단대상물질	진단주기 12개월
		특별관리물질	-
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 10ppm, STEL 25ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 10ppm, STEL 25ppm
	화학물질관리법	유독물질	트리클로로에틸렌 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
		제한물질	트리클로로에틸렌 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
	폐기물관리법	폐유기용제	할로겐족 폐유기용제
	대기환경보전법	특정대기유해물질	배출허용기준 50ppm
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 100ppm, C 200ppm, Peak 300ppm
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 10ppm, STEL 25ppm
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 25ppm, STEL 100ppm, C 300ppm

2) 디메틸포름아미드

구분	법·규제기관	분류	세부내용
국내	산업안전보건법	작업환경측정대상물질	측정주기 6개월
		관리대상유해물질	-
		특수건강진단대상물질	진단주기 6개월
		특별관리물질	-
		노출기준설정물질	노출기준 TWA 10ppm
		허용기준설정물질	허용기준 TWA 10ppm
	화학물질관리법	유독물질	디메틸포름아미드 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물
	위험물안전관리법	4류 제2석유류(수용성)	2000L
	폐기물관리법	지정폐기물	-
국외	OSHA(산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 10ppm, skin
	NIOSH(국립산업안전보건연구원)		권장노출한계 TWA 10ppm, skin
	ACGIH(산업위생전문가협회)		허용한계값 TWA 5ppm, skin
	CAL/OHSA(캘리포니아 산업안전보건청)		허용노출한계 TWA 10ppm, skin

제2장. 급성중독

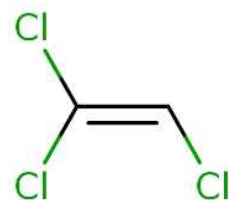
1. 어떤 물질인가요?

1) 트리클로로에틸렌(그림 147²³⁸⁾)

- 트리클로로에틸렌의 CAS No.은 79-01-6입니다.
- 화학식은 C_2HCl_3 입니다.
- 에틸렌 트리클로라이드, TCE, 트리클로로에텐, 트릴렌이라고도 합니다.
- 색이 없고 불이 붙지 않는 불연성의 액체입니다. 달콤한 냄새가 납니다.

○ 물보다 무겁고 상온에서 휘발성이 높습니다. 끓는점이 $87^{\circ}C$ 이므로 세척조 등 작업 환경에서 공기 중에 쉽게 증기로 휘발되기 쉽습니다.

그림 147.
트리클로로에틸렌
화학구조



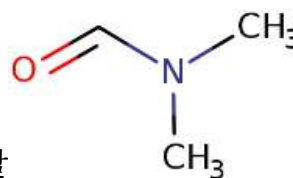
2) 디메틸포름아미드(그림 148²³⁹⁾)

- 디메틸포름아미드의 CAS No.은 68-12-2입니다.
- 화학식은 $(CH_3)_2NC(O)H$ 입니다.
- 일반적으로 DMF로 줄여 쓰기도 하고 2,5-다이메틸퓨란, 디메틸푸마레이트라고도 합니다.

○ 색이 없는 액체로 물과 대부분의 유기 액체들과 잘 섞이는 혼화성이 있습니다. 암모니아와 비슷한 냄새가 납니다.

○ 사염화탄소, 할로젠화 탄소화합물, 강한 산화제에 닿으면 폭발하거나 불

그림 148.
디메틸포름아미드
화학구조



238) <https://echa.europa.eu/>

239) <https://echa.europa.eu/>

이 불을 가능성이 있습니다.

○ 일반적으로 냄새는 나지 않으나 감퇴된 경우 다이메틸아민의 불순도로 인해 비린내가 나기도 합니다.

2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

1) 트리클로로에틸렌

○ 국내 트리클로로에틸렌의 사용량은 연간 약 7만 톤입니다. 이로 인해 노출 가능한 근로자 수는 약 5,800명으로 추계되고 있습니다.

○ 1960년 상업적으로 합성된 이후 뛰어난 탈지 작용으로 사용량의 약 80%가 자동차 혹은 금속 산업에서 금속부품의 탈지 용매로 활용되어 왔습니다. 그 외에도 희석제, 세척제 및 다양한 제품의 중간산물로도 사용됩니다.

○ 트리클로로에틸렌은 주로 가정용 비전기식 조리 및 난방기기/전열기기 제조업, 공기조화장치 제조업, 광섬유 및 광학요소 제조업, 구조용 금속판제품 및 금속공작물 제조업, 귀금속 장신구 및 관련제품 제조업, 기타 가공공작기계 제조업, 고무제품 제조업, 금속 절삭가공기계 제조업, 금속압형제품 제조업, 인쇄업, 자동차 및 트레일러 부품제조업, 전자부품·영상·음향 및 통신장비 제조업, 도금업에서 탈지제 및 용제로 사용됩니다.

○ 2004~2011년 일부 작업환경측정 자료에 따르면 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비 제조업에서 가장 많이 노출되고 있으며 다음으로 금속가공제품 제조업, 자동차 및 트레일러 제조업 순으로 노출이 많았습니다. 그중 주로 세척제거(표 44²⁴⁰⁾)와 도장도포 고정에서 노출 빈도가 높았습니다(표 45²⁴¹⁾). 공정으로는 세척제거 공정, 도장도포, 인쇄·종이·목재, 용접 순으로 노출 빈도가 높았습니다(그림 149²⁴²⁾).

240) 대한산업보건협회, 허용기준 대상물질 13종 노출 실태 조사 연구 트리클로로에틸렌, 2014.

241) 대한산업보건협회, 허용기준 대상물질 13종 노출 실태 조사 연구 트리클로로에틸렌, 2014.

242) 함승헌 등, 도금 사업장 근로자에게 발생한 시안화수소 급성중독과 작업환경평가, 한국

표 44. 트리클로로에틸렌의 노출빈도가 높은 업종

순위	업종명
1	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업
2	금속가공제품 제조업 (기계 및 가구 제외)
3	자동차 및 트레일러 제조업
4	기타 기계 및 장비 제조업
5	1차 금속 제조업
6	전기 장비 제조업
7	화학물질 및 화학제품 제조업 (의약품 제외)
8	고무제품 및 플라스틱제품 제조업
9	인쇄 및 기록매체 복제업
10	섬유제품 제조업(의복 제외)

**표 45. 트리클로로에틸렌의
노출빈도가 높은 공정**

순위	공정명
1	세척제거
2	도장도포
3	인쇄, 종이, 목재
4	용접
5	성형
6	준비
7	접착
8	검사
9	조립
10	정제

그림 149. 트리클로로에틸렌이 담긴 세척조에서
금속부품을 담갔다 빼는 작업을 반복하는 세척작업



2) 디메틸포름아미드

○ 인조피혁제조, 섬유코팅가공업, 우레탄이나 아크릴 섬유의 방사 등에서 수지나 폴리머를 잘 녹이는 용제 등으로 널리 사용됩니다.

○ 보호코팅, 접착, 필름, 프린트 잉크 등의 보조용제나 촉진제로 이용되기도 하고 페인트의 제거제의 성분으로도 쓰입니다. 선택적 가스 흡착과 용제추출제로도 사용되고 있습니다.

3. 왜 위험한가요?

1) 트리클로로에틸렌(그림 150)

○ 세계보건기구 국제암연구소(WHO IARC)²⁴³⁾에서는 트리클로로에틸렌에 노출될 경우 사람에게 암이 발생이 발생할 수 있는 충분한 근거가 있다고 평

가하여 이를 인체발암물질 Group 1으로 구분하고 있습니다. 또한 미국 산업 위생전문가협회(ACGIH)에서는 트리클로로에틸렌을 인체발암가능물질인 A2로 지정하고 있습니다.

- 생식독성이 있어 동물 실험에서 간암과 신장암을 발생시킨다는 결과가 있고 여성에겐 월경 불순이 남성에게 성욕 감소가 나타납니다.
- 트리클로로에틸렌 기체를 코로 들이마시게 되면 중추신경계를 억제하여 피로, 현기증, 두통, 기억력 저하, 집중력 장애 등의 증상이 나타납니다.
- 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 트리클로로에틸렌에 노출되는 경우 중추 신경계 억제뿐만 아니라 시각장애, 청력저하가 나타납니다.
- 심혈관계에 작용하여 부정맥이 발생할 수 있습니다.
- 폐, 간 및 신장에 영향을 미쳐 급성 간독성 및 급성신부전, 호흡곤란, 폐 부종 등이 나타날 수 있습니다.
- 100ppm 이상의 농도로 장기간 노출되면 근육통, 위장관 장애 등을 초래합니다.
- 피부에 닿으면 자극으로 인해 트거나 홍반 등이 생길 수 있습니다.

**그림 150. 트리클로로에틸렌
위험표지**



243) 국제연합(UN) 세계보건기구 산하기관으로, 암의 원인에 대해 연구를 지휘하고 조정하는 역할을 함

2) 디메틸포름아미드(그림 151)

○ 디메틸포름아미드는 주로 코로 들이마시거나 피부에 닿아 체내로 흡수됩니다.

○ 디메틸포름아미드는 간 독성을 가지고 있어 노출되면 수일 후 독성 간염이 발생할 수 있고 알코올 불내성이 생길 수 있습니다.

○ 점막을 자극하여 눈 통증, 눈물 과다, 인후통이 발생할 수 있습니다.

○ 피부에 닿을 경우 피부 통증과 발진을 유발합니다.

○ 신장 독성을 가지고 있어 부종, 소변량 감소가 발생할 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 트리클로로에틸렌에 노출되는 경우 간에 작용하여 복통, 황달, 구토, 경련성 복통, 알코올 불내성, 눈에 작용하여 눈 통증, 눈 충혈, 눈물 과다, 피부에 닿으면 피부 통증, 피부 발진, 신장에 작용하여 부종, 소변량 감소가 나타날 수 있습니다.

그림 151. 디메틸포름아미드 위험표지



인화성 액체



급성독성(흡입)



발암성/생식독성/
특정표적장기독성

4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

1) 트리클로로에틸렌

순서	구분	작업 상황	결과
1 244)	국내	2005년 10월 31일부터 핸드폰의 금속 외장부품을 광택 연마, TCE를 이용한 세척, 선별검사 및 포장하는 소규모 사업장에서 일을 시작했으며 업무를 시작한지 35일 후부터 귀 뒤 부위와 허벅지가 가렵기 시작하며 발진이 발생함. 시간이 지날수록 전신으로 발진 및 가려움증이 번지고 상체에서부터 표피가 벗겨져 병원에 내원 및 입원하였고 치료 중 고열과 황달증상, 간 기능 저하소견이 발견되어 급성간염 진단 하에 간 기능 부전으로 사망함. 사인은 전신적 벗음피부염과 동반된 원인을 알 수 없는 물질에 의한 독성간염으로 추정함	스티븐스존슨 증후군 및 사망 1명
2 245)	국내	스테인리스 강판 가공 업체의 TCE 세척 작업을 수행하는 근로자가 입사하여 해당 작업을 수행한지 1개월 후에 열을 동반한 기침과 온몸이 붓고 피부가 벗겨지는 증상의 괴사성 폐렴과 TCE 민감성 증후군으로 사망함	괴사성폐렴, TCE민감성증후군, 사망 1명

244) 이선웅 등. 직업적 노출에 의한 스티븐스-존슨 증후군에서 트리클로로에틸렌의 노출 수준. 대한직업환경의학회. 2008;20(2):132-146

245) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

2) 디메틸포름아미드

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	디메틸포름아미드 탱크 가스켓 교체 작업 수행 중 디메틸포름아미드가 유출되어 피부에 닿음. 이후 근로자는 호흡곤란, 피부가려움 증상이 발생하였음	호흡곤란, 피부가려움 1명
2 246)	국외	디메틸포름아미드를 이용한 벨트를 제조하는 합성가죽 공장의 근로자가 근무 일주일 후 건강검진 결과는 문제가 없었으나 2개월 15일 후 피곤함, 식욕부진, 복부팽만, 구역, 황달 증상이 발생하였고 병원 내원 결과 복부 CT상 간 크기 감소, 복수, 비장 비대증을 확인함. 당시 근로자가 근무하던 합성가죽 공장의 생산라인에는 다량의 디메틸포름아미드를 사용하고 있었고 심한 냄새가 났으며 환기 기능이 현저히 떨어졌던 것으로 확인됨. 유사작업을 수행한 근로자들 또한 어지러움, 피로감, 복부팽만, 오심을 호소하여 병원으로 이송됨	급성간부전 1명
3 247)	국외	폴리우레탄/폴리비닐 공장에서 작업을 수행한지 70일 후 식욕부진, 구토, 메스꺼움, 황달 등의 증상이 발생함. 이후 전신 부종, 우상복부 통증이 발생하여 병원에 입원하였고 급성 간 부전을 진단 받음. 치료를 받았음에도 사망함. 해당 근로자가 근무한 작업장의 디메틸포름아미드의 농도는 41.4~131 mg/m ³ 로 높게 측정되었고 부검 결과와 임상 상황을 종합하였을 때 디메틸포름아미드 중독에 의한 간 괴사가 사망 원인이었음	급성간부전 1명

246) Lei Y et al. N, N-dimethylformamide-induced acute hepatic failure: A case report and literature review. Experimental and therapeutic medicine. 2017;14(6):5659-5663

247) Zhang H et al. Chronic occupational N, N-dimethylformamide poisoning induced death: a case report. Forensic Science, Medicine, and Pathology. 2015;11:584-588

제3장. 재해예방 조치사항

1. 공학적 대책

1) 올바른 환기장치를 설치하고 주기적으로 관리하세요.

○ 트리클로로에틸렌과 디메틸포름아미드를 직접 다루거나 발생하는 작업 장소에는 올바른 위치와 종류의 환기장치를 설치해야 합니다.

○ 설치된 환기장치가 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 점검하고 관리해야 합니다.

2) 비상세척 및 세안설비를 마련하세요.

○ 트리클로로에틸렌과 디메틸포름아미드에 노출 가능성이 있는 작업 장소에서 다음과 같은 기준을 준수한 비상세척 및 세안설비를 설치해야 합니다.

- 잘 보이는 곳에 긴급샤워기 설치 안내표지판을 설치해야 합니다.
- 세척설비는 10초 이내에 도달할 수 있는 곳, 접근하는데 방해물이 없도록 해야 합니다.
- 조작밸브는 원터치로 1초 내 조작이 가능해야 합니다.

3) 자동공정 도입으로 직접 노출 가능성을 제거하세요.

○ 트리클로로에틸렌과 디메틸포름아미드가 사용되는 공정을 자동화하여 근로자가 노출되는 상황을 제거하는 것을 고려해야 합니다.

2. 관리적 대책

1) 노출 환경으로부터 즉시 대피시키세요.

○ 트리클로로에틸렌이 TWA 10ppm 혹은 STEL 25ppm을 초과하거나 디메틸포름아미드가 TWA 10ppm을 초과하여 노출된 근로자를 그 공간에서 즉시 벗어나도록 도와야 합니다. 이때 동료 근로자와 구조대원 또한 노출된 근로자를 구할 시 적절한 보호복과 마스크 등을 착용해야 합니다.

○ 눈에 닿은 경우 고개를 바닥으로 숙이고 옆을 바라본 상태에서 눈에 생리식염수를 15분 이상 흘려 세척하도록 해야 합니다.

○ 피부에 닿은 경우 눈과 동일하게 흐르는 생리식염수로 15분 이상 세척하도록 해야 합니다.

○ 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토를 유발해서는 안 됩니다²⁴⁸⁾.

○ 모든 응급조치를 하였다 해도 이후 최대한 빨리 응급실에 방문하여 진료와 치료를 받아야 합니다.

2) 취급, 보관 및 비상조치 확인하고 임무를 숙지하세요.

○ 작업 전 급성중독 예방을 위한 취급, 보관사항 및 비상상황 시 대처 여부 등을 확인하고 연관된 담당자 및 근로자와 공유해야 합니다.

○ 비상대응 시나리오를 여러 경우로 구분하여 작성하고 주기적인 훈련을 통하여 담당 임무를 숙지·숙련될 수 있도록 해야 합니다.

3) 근로자에게 안전보건교육 및 정보제공을 해야 합니다.

○ 근로자에게 트리클로로에틸렌 및 디메틸포름아미드 중독사고가 발생하는 것을 예방하기 위하여 작업시간 전에 안전·보건에 관한 정보를 제공해야

248) 독성물질을 먹거나 마셨을 때 현장에서 억지로 물을 먹거나 토하게 하고 오는 경우가 많은데, 억지로 토하게 하면 음식물이나 침이 기도으로 들어가 발작적인 기침을 하는 흡인이 발생할 수 있음

합니다.

- 물질의 유해·위험성
- 안전·보건상의 주의사항
- 사고발생 시 필요한 조치내용

○ 근로자는 사업주(혹은 관리자)가 안전 및 보건에 관한 정보를 작업시간 전까지 제공하지 않은 경우 사업주(혹은 관리자)에게 정보제공을 요청할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 사업주(혹은 관리자)가 정보를 제공하지 않은 경우에 근로자는 해당 작업을 거부할 수 있고 이행 지체에 따른 책임을 지지 않습니다.

4) 대체물질을 검토하세요.

○ 유해위험성이 적은 물질로 대체하는 것을 검토해야 합니다.
독성물질을 안전하게 관리하는 것도 중요하지만 우선적으로 유해·위험성이 적은 물질이나 공정으로 대체가 가능한 지를 검토하고 가능하다면 대체하는 것이 더 중요합니다.

5) 물질안전보건자료를 최신화하세요.

○ 관련된 모든 자료는 가장 최신 것으로 확인하고 실제 현장에서의 사용 상황과 일치하도록 관리해야 합니다.

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구를 선정하고 근로자가 올바르게 착용하도록 지도하세요.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로

로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 46).

표 46. 트리클로로에틸렌, 디메틸포름아미드 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명																				
마스크	유기증기용 방독마스크 	작업 시 반드시 유기증기용 방독마스크를 착용하여 트리클로로에틸렌 및 디메틸포름아미드를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함																				
	전면형 송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함																				
보호복	화학물질용 보호복 	- 피부에 닿는 것을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 3형식 또는 4형식(전신)을 착용함																				
안전장갑	화학물질용 안전장갑 	- 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 - 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 - 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table><tr><th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr><tr><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr><tr><td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr></table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 교육하세요.

(1) 트리클로로에틸렌

○ 보관 시,

- 트리클로로에틸렌의 경우 근로자에게 노출을 최소화하기 위해 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.

- 고열에는 증기로 발생하기 때문에 화기나 고열 근처에 두지 않습니다.

○ 작업 습관으로,

- 전면형 방독마스크 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.

- 트리클로로에틸렌 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.

- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 트리클로로에틸렌을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(2) 디메틸포름아미드

○ 보관 시,

- 디메틸포름아미드의 경우 근로자에게 노출을 최소화하기 위해 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.

○ 작업 습관으로,

- 전면형 유기증기용 방독마스크 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.

- 디메틸포름아미드 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.

- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 디메틸포름아미드를 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것
급성 간독성	장기간 혹은 단기간의 화학물질 흡인 등으로 발생하는 간 기능의 손상
급성 신부전	신장 기능이 갑자기 떨어진 상태로 신장 기능이 떨어지면 몸 안의 노폐물 배출에 문제가 생겨 요독이 쌓이고 수분과 전해질의 균형이 깨짐
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨 쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
알코올 불내성	알코올 분해 효소의 활성도가 낮아 술을 마시면 홍조 등의 이상 증상과 함께 대사 능력이 떨어지는 질환
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

직업성 질병 예방을 위한 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene), 디메틸포름아미드(Dimethylformamide) 자율안전보건 가이드

(근로자용)

중대재해처벌법 시행령 [별표 1] 직업성 질병

16. 트리클로로에틸렌 또는 디메틸포름아미드(dimethylformamide)에 노출(해당물질에 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.

목차

제1장. 개요

1. 가이드라인은 왜 필요할까요?

제2장. 급성중독

1. 어떤 물질일까요?
2. 주로 어디에서 사용할까요?
3. 왜 위험한가요?
4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

제3장. 재해예방 조치사항

1. 개인적 대책
 - 1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.
 - 2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

[첨부 1] 관련 용어 정의

제1장. 개요

1.가이드는 왜 필요할까요?

○ 본 가이드는 직업성 질병을 유발할 수 있는 트리클로로에틸렌, 디메틸포름아미드를 기준으로 실제 사용하는 작업공정의 특성을 반영하여 중대재해를 예방하기 위한 주요한 내용을 중심으로 정리했습니다. 근로자는 스스로 근무하는 작업 과정에서 위험물질에 노출되는 순간이 있는지 확인하여 알맞게 관리할 수 있습니다.

○ 중대재해처벌법 시행령 [별표 1]을 통해 대상이 되는 총 24종의 직업성 질병을 규정하고 있습니다. 그중 트리클로로에틸렌, 디메틸포름아미드는 제 16호 ‘트리클로로에틸렌 또는 디메틸포름아미드(dimethylformamide)에 노출되어 발생한 독성 간염’에 포함되는 직업성 질병을 일으키는 위험물질입니다.

○ 사업 또는 사업장에서 일하는 모든 사람의 안전 및 보건을 확보하도록 경영책임자에게 의무를 부과하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하 중대재해처벌법)이 2022년 1월 27일부터 시행되었습니다.

○ 중대산업재해란, 산업재해 중 아래와 같은 심각한 재해를 말합니다.

- 사망자가 1명 이상 발생한 경우
- 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상 발생한 경우
- 동일한 유해요인의 직업성 질병자가 1년 이내 3명 발생한 경우

제2장. 급성중독

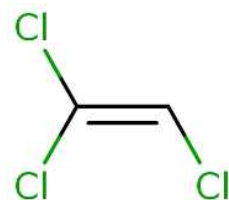
1. 어떤 물질인가요?

1) 트리클로로에틸렌(그림 152²⁴⁹⁾)

- 트리클로로에틸렌의 CAS No.은 79-01-6입니다.
- 화학식은 C_2HCl_3 입니다.
- 에틸렌 트리클로라이드, TCE, 트리클로로에텐, 트릴렌이라고도 합니다.
- 색이 없고 불이 붙지 않는 불연성의 액체입니다. 달콤한 냄새가 납니다.

○ 물보다 무겁고 상온에서 휘발성이 높습니다. 끓는점이 $87^{\circ}C$ 이므로 세척조 등 작업 환경에서 공기 중에 쉽게 증기로 휘발되기 쉽습니다.

그림 152.
트리클로로에틸렌
화학구조



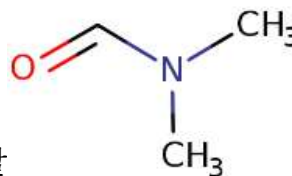
2) 디메틸포름아미드(그림 153²⁵⁰⁾)

- 디메틸포름아미드의 CAS No.은 68-12-2입니다.
- 화학식은 $(CH_3)_2NC(O)H$ 입니다.
- 일반적으로 DMF로 줄여 쓰기도 하고 2,5-다이메틸퓨란, 디메틸푸마레이트라고도 합니다.

○ 색이 없는 액체로 물과 대부분의 유기 액체들과 잘 섞이는 혼화성이 있습니다. 암모니아와 비슷한 냄새가 납니다.

○ 사염화탄소, 할로젠화 탄소화합물, 강한 산화제에 닿으면 폭발하거나 불

그림 153.
디메틸포름아미드
화학구조



249) <https://echa.europa.eu/>

250) <https://echa.europa.eu/>

이 불을 가능성이 있습니다.

○ 일반적으로 냄새는 나지 않으나 감퇴된 경우 다이메틸아민의 불순도로 인해 비린내가 나기도 합니다.

2. 주로 어디에서 사용되고 발생할까요?

1) 트리클로로에틸렌

○ 국내 트리클로로에틸렌의 사용량은 연간 약 7만 톤입니다. 이로 인해 노출 가능한 근로자 수는 약 5,800명으로 추계되고 있습니다.

○ 1960년 상업적으로 합성된 이후 뛰어난 탈지 작용으로 사용량의 약 80%가 자동차 혹은 금속 산업에서 금속부품의 탈지 용매로 활용되어 왔습니다. 그 외에도 희석제, 세척제 및 다양한 제품의 중간산물로도 사용됩니다.

○ 트리클로로에틸렌은 주로 가정용 비전기식 조리 및 난방기기/전열기기 제조업, 공기조화장치 제조업, 광섬유 및 광학요소 제조업, 구조용 금속판제품 및 금속공작물 제조업, 귀금속 장신구 및 관련제품 제조업, 기타 가공공작기계 제조업, 고무제품 제조업, 금속 절삭가공기계 제조업, 금속압형제품 제조업, 인쇄업, 자동차 및 트레일러 부품제조업, 전자부품·영상·음향 및 통신장비 제조업, 도금업에서 탈지제 및 용제로 사용됩니다.

○ 2004~2011년 일부 작업환경측정 자료에 따르면 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비 제조업에서 가장 많이 노출되고 있으며 다음으로 금속가공제품 제조업, 자동차 및 트레일러 제조업 순으로 노출이 많았습니다. 그중 주로 세척제거(표 47²⁵¹)와 도장도포 고정에서 노출 빈도가 높았습니다(표 48²⁵²). 공정으로는 세척제거 공정, 도장도포, 인쇄·종이·목재, 용접 순으로 노출 빈도가 높았습니다(그림 154²⁵³).

251) 대한산업보건협회, 허용기준 대상물질 13종 노출 실태 조사 연구 트리클로로에틸렌, 2014.

252) 대한산업보건협회, 허용기준 대상물질 13종 노출 실태 조사 연구 트리클로로에틸렌, 2014.

253) 함승헌 등, 도금 사업장 근로자에게 발생한 시안화수소 급성중독과 작업환경평가, 한국

표 47. 트리클로로에틸렌의 노출빈도가 높은 업종

순위	업종명
1	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업
2	금속가공제품 제조업 (기계 및 가구 제외)
3	자동차 및 트레일러 제조업
4	기타 기계 및 장비 제조업
5	1차 금속 제조업
6	전기 장비 제조업
7	화학물질 및 화학제품 제조업 (의약품 제외)
8	고무제품 및 플라스틱제품 제조업
9	인쇄 및 기록매체 복제업
10	섬유제품 제조업(의복 제외)

표 48. 트리클로로에틸렌 노출빈도가 높은 공정

순위	공정명
1	세척제거
2	도장도포
3	인쇄, 종이, 목재
4	용접
5	성형
6	준비
7	접착
8	검사
9	조립
10	정제

그림 154. 트리클로로에틸렌이 담긴 세척조에서
금속부품을 담갔다 빼는 작업을 반복하는 세척작업



2) 디메틸포름아미드

○ 인조피혁제조, 섬유코팅가공업, 우레탄이나 아크릴 섬유의 방사 등에서 수지나 폴리머를 잘 녹이는 용제 등으로 널리 사용됩니다.

○ 보호코팅, 접착, 필름, 프린트 잉크 등의 보조용제나 촉진제로 이용되기도 하고 페인트의 제거제의 성분으로도 쓰입니다. 선택적 가스 흡착과 용제추출제로도 사용되고 있습니다.

3. 왜 위험한가요?

1) 트리클로로에틸렌(그림 155)

○ 세계보건기구 국제암연구소(WHO IARC)²⁵⁴⁾에서는 트리클로로에틸렌에 노출될 경우 사람에게 암이 발생이 발생할 수 있는 충분한 근거가 있다고 평

가하여 이를 인체발암물질 Group 1으로 구분하고 있습니다. 또한 미국 산업 위생전문가협회(ACGIH)에서는 트리클로로에틸렌을 인체발암가능물질인 A2로 지정하고 있습니다.

- 생식독성이 있어 동물 실험에서 간암과 신장암을 발생시킨다는 결과가 있고 여성에겐 월경 불순이 남성에게 성욕 감소가 나타납니다.
- 트리클로로에틸렌 기체를 코로 들이마시게 되면 중추신경계를 억제하여 피로, 현기증, 두통, 기억력 저하, 집중력 장애 등의 증상이 나타납니다.
- 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 트리클로로에틸렌에 노출되는 경우 중추신경계 억제뿐만 아니라 시각장애, 청력저하가 나타납니다.
- 심혈관계에 작용하여 부정맥이 발생할 수 있습니다.
- 폐, 간 및 신장에 영향을 미쳐 급성 간독성 및 급성신부전, 호흡곤란, 폐부종 등이 나타날 수 있습니다.
- 100ppm 이상의 농도로 장기간 노출되면 근육통, 위장관 장애 등을 초래합니다.
- 피부에 닿으면 자극으로 인해 트거나 홍반 등이 생길 수 있습니다.

**그림 155. 트리클로로에틸렌
위험표지**



2) 디메틸포름아미드(그림 156)

254) 국제연합(UN) 세계보건기구 산하기관으로, 암의 원인에 대해 연구를 지휘하고 조정하는 역할을 함

○ 디메틸포름아미드는 주로 코로 들이마시거나 피부에 닿아 체내로 흡수됩니다.

○ 디메틸포름아미드는 간 독성을 가지고 있어 노출되면 수일 후 독성 간염이 발생할 수 있고 알코올 불내성이 생길 수 있습니다.

○ 점막을 자극하여 눈 통증, 눈물 과다, 인후통이 발생할 수 있습니다.

○ 피부에 닿을 경우 피부 통증과 발진을 유발합니다.

○ 신장 독성을 가지고 있어 부종, 소변량 감소가 발생할 수 있습니다.

○ 짧은 시간에 많은 양(고농도)의 트리클로로에틸렌에 노출되는 경우 간에 작용하여 복통, 황달, 구토, 경련성 복통, 알코올 불내성, 눈에 작용하여 눈 통증, 눈 충혈, 눈물 과다, 피부에 닿으면 피부 통증, 피부 발진, 신장에 작용하여 부종, 소변량 감소가 나타날 수 있습니다.

그림 156. 디메틸포름아미드 위험표지



4. 취급 중 발생한 국내·외 사고사례는 무엇이 있을까요?

1) 트리클로로에틸렌

순서	구분	작업 상황	결과
----	----	-------	----

255) 이선웅 등. 직업적 노출에 의한 스티븐슨-존슨 증후군에서 트리클로로에틸렌의 노출 수준. 대한직업환경의학회. 2008;20(2):132-146

256) 한국산업안전보건공단, 2019~2021년 산업재해 리스트

1 255)	국내	2005년 10월 31일부터 핸드폰의 금속 외장부품을 광택 연마, TCE를 이용한 세척, 선별검사 및 포장하는 소규모 사업장에서 일을 시작했으며 업무를 시작한지 35일 후부터 귀 뒤 부위와 허벅지가 가렵기 시작하며 발진이 발생함. 시간이 지날수록 전신으로 발진 및 가려움증이 번지고 상체에서부터 표피가 벗겨져 병원에 내원 및 입원하였고 치료 중 고열과 황달증상, 간 기능 저하소견이 발견되어 급성간염 진단 하에 간 기능 부전으로 사망함. 사인은 전신적 벗음피부염과 동반된 원인을 알 수 없는 물질에 의한 독성간염으로 추정함	스티븐스존슨 증후군 및 사망 1명
2 256)	국내	스테인리스 강판 가공 업체의 TCE 세척 작업을 수행하는 근로자가 입사하여 해당 작업을 수행한지 1개월 후에 열을 동반한 기침과 온몸이 붓고 피부가 벗겨지는 증상의 과사성 폐렴과 TCE 민감성 증후군으로 사망함	과사성폐렴, TCE민감성증후군, 사망 1명

2) 디메틸포름아미드

순서	구분	작업 상황	결과
1	국내	디메틸포름아미드 탱크 가스켓 교체 작업 수행 중 디메틸포름아미드가 유출되어 피부에 닿음. 이후 근로자는 호흡곤란, 피부가려움 증상이 발생하였음	호흡곤란, 피부가려움 1명
2 257)	국외	디메틸포름아미드를 이용한 벨트를 제조하는 합성가죽 공장의 근로자가 근무 일주일 후 건강검진 결과는 문제가 없었으나 2개월 15일 후 피곤함, 식욕부진, 복부팽만, 구역, 황달 증상이 발생하였고 병원 내원 결과 복부 CT상 간 크기 감소, 복수, 비장 비대증을 확인함. 당시 근로자가 근무하던 합성가죽 공장의 생산라인에는 다량의 디메틸포름아미드를 사용하고 있었고 심한 냄새가 났으며 환기 기능이 현저히 떨어졌던 것으로 확인됨. 유사작업을 수행한 근로자들 또한 어지러움, 피로감, 복부팽만, 오심을 호소하여 병원으로 이송됨	급성간부전 1명

257) Lei Y et al. N, N-dimethylformamide-induced acute hepatic failure: A case

3 258)	국외	폴리우레탄/폴리비닐 공장에서 작업을 수행한지 70일 후 식욕부진, 구토, 메스꺼움, 황달 등의 증상이 발생함. 이후 전신 부종, 우상복부 통증이 발생하여 병원에 입원하였고 급성 간 부전을 진단 받음. 치료를 받았음에도 사망함. 해당 근로자가 근무한 작업장의 디메틸포름아미드의 농도는 41.4~131 mg/m ³ 로 높게 측정되었고 부검 결과와 임상 상황을 종합하였을 때 디메틸포름아미드 중독에 의한 간 괴사가 사망 원인이었음	급성간부전 1명
-----------	----	--	----------

report and literature review. Experimental and therapeutic medicine. 2017;14(6):5659-5663

258) Zhang H et al. Chronic occupational N, N-dimethylformamide poisoning induced death: a case report. Forensic Science, Medicine, and Pathology. 2015;11:584-588

제3장. 재해예방 조치사항

3. 개인적 대책

1) 적정 보호구 선정 및 착용이 필요합니다.

○ 노출 위험이 있는 작업은 아래와 같은 보호구를 착용해야 합니다.
이때 각 작업별 상황에 따라 착용해야 하는 보호구의 형식은 다를 수 있으므로
로 확인 후 적절한 보호구를 착용해야 합니다(표 49).

표 49. 트리클로로에틸렌, 디메틸포름아미드 취급 시 착용 보호구

보호구	종류	설명
마스크	유기증기용 방독마스크 	작업 시 반드시 유기증기용 방독마스크를 착용하여 트리클로로에틸렌 및 디메틸포름아미드를 직접 코로 들이마시는 경우가 없게 함
	전면형 송기마스크 	- 작업 공간이 밀폐되어있을 경우 방독마스크가 아닌 송기마스크를 사용 - 신선한 공기가 호스 안면부로 공급되도록 하기 위함
보호복	화학물질용 보호복 	- 피부에 닿는 것을 막기 위해 내화학용 보호복 착용 3형식 또는 4형식(전신)을 착용함

안전장갑	화학물질용 안전장갑 	• 손에 접촉될 위험에서 손을 보호하기 위해 착용 • 1~6의 성능 수준이 있으며 숫자가 클수록 보호 시간이 길고 성능이 우수함 • 작업시간을 고려하여 성능 수준을 선택 • 니트릴 내부 장갑과 외부에 화학물질용 안전장갑 착용을 권고함 <table border="1" data-bbox="618 526 1230 656"> <thead> <tr> <th rowspan="2">시험항목</th><th colspan="6">성능수준(Class)</th></tr> <tr> <th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>투과저항(분)</td><td>>480</td><td>>240</td><td>>120</td><td>>60</td><td>>30</td><td>>10</td></tr> </tbody> </table>	시험항목	성능수준(Class)						6	5	4	3	2	1	투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10
시험항목	성능수준(Class)																					
	6	5	4	3	2	1																
투과저항(분)	>480	>240	>120	>60	>30	>10																
안전화	화학물질용 안전화 	• 취급 작업 시 화학물질이 피부에 접촉되는 것을 예방하기 위해 내화학 장화 착용																				

2) 아래와 같은 보관 방법 및 작업 시 습관을 실천하세요.

(1) 트리클로로에틸렌

- 보관 시,
 - 트리클로로에틸렌의 경우 근로자에게 노출을 최소화하기 위해 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.
 - 고열에는 증기로 발생하기 때문에 화기나 고열 근처에 두지 않습니다.
- 작업 습관으로,
 - 전면형 방독마스크 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.
 - 트리클로로에틸렌 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.
 - 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 트리클로로에틸렌을 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.
 - 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록

록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

(2) 디메틸포름아미드

○ 보관 시,

- 디메틸포름아미드의 경우 근로자에게 노출을 최소화하기 위해 최대한 밀폐 및 격리해야 합니다.

○ 작업 습관으로,

- 전면형 유기증기용 방독마스크 등의 적정보호구를 필히 착용해야 합니다.

- 디메틸포름아미드 취급 작업 중에는 가동 중인 국소배기장치를 임의로 정지시키거나 창문을 닫는 등의 행위를 하면 안 됩니다.

- 섭취를 통해 중독될 수 있으므로 디메틸포름아미드를 취급하거나 보관하는 곳에서는 음식을 먹거나 흡연 등을 하지 않아야 합니다. 또한 음식을 먹거나, 물을 마시거나, 화장품을 바르거나, 담배를 피우거나, 화장실을 사용하기 전에는 반드시 손을 깨끗이 씻어야 합니다.

- 근로자가 혼자 작업하지 않습니다. 또한 근로자 상호간 연락이 가능하도록 무전기 등을 휴대하도록 합니다.

[첨부 1] 관련 용어 정의

용어	설명
부정맥	심장이 정상적으로 뛰지 않는 것
급성 간독성	장기간 혹은 단기간의 화학물질 흡인 등으로 발생하는 간 기능의 손상
급성 신부전	신장 기능이 갑자기 떨어진 상태로 신장 기능이 떨어지면 몸 안의 노폐물 배출에 문제가 생겨 요독이 쌓이고 수분과 전해질의 균형이 깨짐
폐부종	폐의 정맥과 모세혈관에서 혈액의 물이 폐포 안으로 스며들어 숨 쉬기 힘들어지는 증상으로 호흡이 빠르고 얕아짐, 마른기침이 나옴, 피나 피가 섞인 가래가 기침과 함께 나옴
알코올 불내성	알코올 분해 효소의 활성도가 낮아 술을 마시면 홍조 등의 이상 증상과 함께 대사 능력이 떨어지는 질환
시간가중평균 노출기준	일하는 사람이 해당 화학물질 등에 호흡기, 피부 등으로 노출되는 경우 노출수준 이하수준에서는 거의 모든 일하는 사람에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 기준
안전보건관리체계	일하는 사람의 안전과 건강을 보호하기 위해, 기업 스스로 위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제방안을 마련·이행하며, 이를 지속적으로 개선하는 일련의 활동
급성중독물질	입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내에 수회로 나누어 투여되거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 노출 시 유해한 영향을 주는 물질
급성중독	독성물질이 짧은 기간 내에 신체에 작용하여 갑자기 질병 상태에 빠지는 현상

IV. 결론

1) 중대재해처벌법의 시행과 기업의 보건관리체계 구축의 중요성 강화

○ 2021년 1월 26일 중대재해처벌법이 제정됨에 따라 기업이 획기적으로 안전보건관리체계 구축을 통해 안전조치 및 보건조치를 강화하여 종사자의 중대산업재해를 예방하는 것이 중요해졌음에도 불구하고 이에 따른 중대재해는 꾸준히 발생하고 있다.

2) 일선 현장에서의 중대재해처벌법 관련 정보 접근성 미흡

○ 중대재해처벌법의 시행에도 불구하고 일선 현장 관리자 및 근로자가 관련 정보에 대한 접근성이 미흡하여 일선 현장에서 관리자가 적절한 안전보건체계를 구축하고 조치방안을 마련하거나 근로자가 스스로 담당하는 작업공정에서 취급하는 물질에 대한 위험성을 인지하고 예방하기 위해서는 더욱 정보의 접근성, 편리성, 이해도를 높일 수 있는 것이 필요하다고 판단했다.

3) 직업성 질병 예방을 위한 제1~16호 자율안전보건 가이드 개발

○ 중대재해처벌법 제2조제2항 다목에 따르면 동일한 유해요인으로 급성중독 등 대통령령으로 정하는 직업성 질병자가 1년 이내에 3명 이상 발생하는 것으로 중대산업재해로 정의하며 이때 대통령령으로 정하는 직업성 질병자는 같은 법 시행령 제2조에 따라 별표 1에서 정하는 직업성 질병에 걸린 사람으로 총 24호로 정의하고 있다.

본 보고서에서는 중대재해처벌법의 시행과 기업의 보건관리체계 구축의 중요성을 강조하고 미흡한 일선 현장에서의 관련 정보 접근성을 개선하기 위해 직업성 질병 예방을 위한 제1~16호 자율안전보건 가이드를 개발하였다. 범위는 그중 제1호부터 제16호까지 16개로 하였다.

- 1장을 통해 중대재해처벌법 및 같은 법 시행령 별표 1에 대한 설명과 본 자율안전보건 가이드의 목적과 필요성, 물질별 국내·외 법적 규제사항을 기술함
- 2장을 통해 물질별 물리화학적 특성, 주요 사용산업 및 공정, 위험성 및 위험표지, 국내·외 사고사례를 기술함
- 3장을 통해 공학적 대책(비상세척 및 세안설비 마련, 자동공정 도입), 관리적 대책(즉시 대피, 취급, 보관 및 비상조치 확인, 안전보건교육 및 정보제공, 대체물질 검토, 물질자료 최신화, 작업 주체 확립), 개인적 대책(적정 보호구 선정 및 착용)을 기술함
- 첨부를 통해 물질별 관련 용어 정의, 작업 전 체크리스트, OPS(One Page Sheet)를 기술함

참고문헌

- 고용노동부 고시, 근로자 건강진단 실시기준
- 고용노동부 고시, 사업장 위험성평가에 관한 지침
- 고용노동부 고시, 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준
- 고용노동부 보도자료, 겨울철 건설현장 질식재해 3건 중 2건은 콘크리트 보온양생작업에서 발생, 2021.12.24.
- 고용노동부 보도자료, 밀폐공간 출입 시에는 반드시 공기호흡기 또는 송기 마스크를 착용해야, 2023.02.12.
- 고용노동부 중부지방고용노동청안산지청, 콘크리트 양생작업장 일산화탄소 중독 예방조치 사항 안내, 2023.02.
- 고용노동부&한국산업안전보건공단, 50인 미만 중소기업을 위한 안전보건 관리체계 구축 가이드 - 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업(E, 37~39)
- 고용노동부&한국산업안전보건공단, 세척제 취급작업 급성중독 사고사례, 2022.
- 고용노동부&한국산업안전보건공단, 유해위험물질 안전보건정보(12) 황화수소(H₂S), 2013.
- 고용노동부, 2020 산업재해 현황분석
- 고용노동부, 2021 산업재해 현황분석
- 고용노동부, 중대재해처벌법 중대산업재해 해설서, 2021.
- 광용희 기자, 한국경제, 창원서 16명 급성중독... 첫 '적업성 질병' 중대재해되나, 2022.02.18.
- 국립환경과학원 고시, 유독물질의 지정
- 김미영 기자, 매일노동뉴스, 알엔티, 트리클로로메탄 급성중독 13명 확인, 2022.03.04.
- 대한산업보건협회, 허용기준 대상물질 13종 노출 실태 조사 연구 트리클로로에틸렌, 2014.

박정덕, 중금속 노출 근로자의 직업병, HANYANG MEDICAL REVIEWS 2010:30(4)

산업안전보건기준에 관한 규칙, [별표 1] 관리대상 유해물질 종류

산업안전보건기준에 관한 규칙, [별표 12] 관리대상 유해물질의 종류

산업안전보건법 시행령, [별표 13] 유해·위험물질 규정량

산업안전보건연구원 직업병연구센터, 직업성질환 역학조사 15 한국의 카드뮴 중독, 2000년 이후의 진행-카드뮴 중독(2), 2010.09.

식품의약품안전평가원, 독성정보제공시스템(Tox-Info)

이선웅 등, 직업적 노출에 의한 스티븐스-존슨 증후군에서 트리클로로에틸렌의 노출수준 - 3예의 사례와 문헌고찰을 중심으로, 대한산업의학회지 2008:20(2):132-146

이지은 등, 반도체 공장에서 발생한 불산에 의한 화학화상 1예, 대한작업환경의학회지 2011:23(2):225-233

폐기물관리법 시행규칙, [별표 1] 지정폐기물에 함유된 유해물질

폐기물관리법 시행규칙, [별표 2] 폐유기용제 중 할로젠 족에 해당되는 물질

폐기물관리법 시행령, [별표 1] 지정폐기물의 종류

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, 중대재해 처벌 등에 관한 법률상 직업성 질병의 범위, 2021.

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, 중대재해처벌법 시행에 따른 급성중독 위험직무 예측(허용기준 설정물질 중심으로), 2022.

한국산업안전보건공단, 「수은 취급근로자」의 직업건강 가이드라인

한국산업안전보건공단, 1,1,2,2-테트라클로로에탄에 대한 작업환경측정·분석 기술지침(KOSHA GUIDE A-23-2015), 2015.09.

한국산업안전보건공단, KOSHA Alert 오수관거 준설작업 중 사망(2명) 발생, 2023.05.

한국산업안전보건공단, N,N-디메틸포름아미드(DMF) 노출 근로자의 건강

관리지침(KOSHA GUIDE H-133-2021), 2021.10.

한국산업안전보건공단, N,N-디메틸포름아미드(을) 노출 근로자의 건강관리 지침(KOSHA GUIDE H-133-2021), 2021.10.

한국산업안전보건공단, 경고표지 작성 지침(KOSHA GUIDE W-14-2012), 2012.

한국산업안전보건공단, 디클로로메탄(DCM) 중독 발생 경보, 2022.

한국산업안전보건공단, 물질안전보건자료 작성 지침(KOSHA GUIDE W-15-2012), 2012.

한국산업안전보건공단, 불산·불화수소 노출 사업장의 중독 예방 및 응급대응 지침(KOSHA GUIDE H-123-2013), 2013.12.

한국산업안전보건공단, 불화수소 누출사고 사례연구, 2013.04.

한국산업안전보건공단, 사염화탄소에 대한 작업환경측정·분석 기술지침(KOSHA GUIDE A-27-2018), 2018.11.

한국산업안전보건공단, 산업안전보건법 전부개정에 따른 공정안전보고서 제출 유해·위험물질 규정량 조정 안내(2020-중대산업사고예방실-299), 2020.

한국산업안전보건공단, 송기마스크 안전한 보호구 착용 길잡이 OPL

한국산업안전보건공단, 수은에 대한 작업환경측정 분석기술 지침(KOSHA GUIDE A-44-2015), 2015.

한국산업안전보건공단, 시안화수소 노출 근로자 건강관리

한국산업안전보건공단, 시안화수소 취급 근로자의 중독 예방 및 응급대응 지침(KOSHA GUIDE H-115-2013), 2013.09.

한국산업안전보건공단, 시안화합물(시안화수소) 중독 발생 경보, 2022.05.

한국산업안전보건공단, 유해·위험물질 취급관리 톨루엔다이소시아네이트(2014-교육미디어-644), 2014.

한국산업안전보건공단, 유해위험물질 취급관리 시안화수소(HCN)(2013-교육미디어-1232), 2013.

한국산업안전보건공단, 이산화질소 노출 사업장의 중독 예방 및 응급대응 지침(KOSHA GUIDE H-116-2019), 2019.10.

한국산업안전보건공단, 직업성 염소 급성중독 진료지침(KOSHA GUIDE H-181-2021), 2021.10.

한국산업안전보건공단, 트리클로로메탄에 대한 작업환경측정·분석 기술지침(KOSHA GUIDE A-28-2019), 2019.12.

한국산업안전보건공단, 특별관리물질 취급 근로자 작업환경관리 지침(KOSHA GUIDE H-147-2014), 2014.

한국산업안전보건공단, 피부보호구의 사용 지침-보호용 장갑(KOSHA GUIDE H-42-2011), 2011.

한국산업안전보건공단, 하절기 유기물 부패 질식재해 발생위험 주의

한국산업안전보건공단, 호흡용 보호구의 사용 지침(KOSHA GUIDE H-82-2012), 2012.

한국산업안전보건공단, 화학물질 유통·사용 실태조사 결과보고서 디메틸포름아미드(Dimethylformamide, DMF). 2007.

한국산업안전보건공단, 화학물질의 유해성·위험성 분류 지침(KOSHA GUIDE W-6-2013), 2013.

한국산업안전보건공단, 화학물질정보검색

한국산업안전보건공단, 황화수소 취급근로자 중독예방 및 응급대응 지침(KOSHA GUIDE H-117-2019), 2019.10.

한국산업안전보건공단, 황화수소 취급근로자의 중독예방 및 응급대응 지침(KOSHA GUIDE H-117-2019), 2019.

함승헌 등, 도금 사업장 근로자에게 발생한 시안화수소 급성중독과 작업환경평가, 한국산업보건학회지 2019:29(3):336-342

함승헌 등, 도금 사업장 근로자에게 발생한 시안화수소 급성중독과 작업환경평가, 한국산업보건학회지, 2019:29(3):336-342

화학물질관리법 시행규칙, [별표 3의2] 유해화학물질별 수량 기준

화학물질관리법 시행규칙, [별표 9] 사고대비물질의 관리기준
화학물질안전원, 화학물질종합정보시스템
환경부 고시, [별표 2] 제한물질·금지물질의 지정

Abstract

Development of Voluntary Safety and Health Guide for Occupational Diseases Stipulated by the Act on the Punishment of Major Accidents (I) – Nos. 1 through 16 of "Occupational Diseases" in the Enforcement Decree of the Act on Major Accidents [Appendix 1].

1. Research Background

"Although the Act on the Punishment of Major Accidents (hereinafter referred to as the Act on the Punishment of Major Accidents) was enforced on January 27, 2022, accidents that fall under acute poisoning as stipulated in the Enforcement Decree of the same Act [Appendix 1] and occupational diseases are steadily occurring, and related information is insufficient or scattered in various places, making it difficult to find and understand. Therefore, it is necessary to complement this by developing a voluntary safety and health guide that can help to smoothly anchor the Serious Accident Punishment Act in frontline sites.

2. Major Research Contents

1) Development of Voluntary Safety and Health Guide No. 1~16 for Prevention of Occupational Diseases

(1) Scope and organization

○ The scope of the voluntary safety and health guide is from No. 1 to No. 16 of 'Occupational Diseases' in the Enforcement Decree of the Serious Accident Punishment Act [Appendix 1], and the division is made by each issue.

○ The voluntary safety and health guide was developed separately for managers and workers, and a pre-work checklist for managers and workers and an OPS (One Page Sheet) for workers were presented as attachments.

○ In the case of No. 13, since there are many applicable hazardous factors, trichloromethane (chloroform), carbon tetrachloride, acrylonitrile, 1,1,2,2-tetrachloroethane, and perchloroethylene were used, which were agreed upon with the Korea Occupational Safety and Health Agency's Institute of Occupational Safety and Health in consideration of social interest and urgency.

(2) Contents

A) Presentation of the purpose and necessity of the voluntary safety and health guide

○ Based on the relevant hazardous factors that can cause occupational diseases, the guide is organized around the main contents to prevent major accidents by reflecting the characteristics of the work process actually used.

○ Business owners and managers can identify the tasks performed by workers in their companies and use them to establish and implement an autonomous safety and health management system. It

was also suggested that workers can check whether there are moments when they are exposed to risk factors in the course of their work and manage them appropriately.

B) Presentation of regulatory status and comparison of domestic and international exposure standards under relevant domestic laws and regulations

We presented the regulatory status of other laws such as the Occupational Safety and Health Act, the Chemical Substances Control Act and the Act on the Registration, Evaluation, etc. of Chemical Substances (hereinafter referred to as the Chemical Substances Registration and Evaluation Act), and the Waste Management Act.

The exposure standards of the Occupational Safety and Health Administration (OSHA), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), and California Occupational Safety and Health Administration (CAL/OHSA) were compared and presented.

C) Presentation of basic characteristics and risks of each hazardous factor

○ Basic contents such as CAS number, chemical formula and chemical structure, synonyms, and physical and chemical properties of each hazardous agent are described, as well as characteristics that may cause dangerous situations.

○ In the case of hazards, acute toxicity and health effects such as major mechanisms of action in the human body, symptoms, and target

organ toxicity are presented in consideration of short-term exposure. Chronic toxicity was also included if it is significant.

D) Presentation of major domestic exposure (or accident) processes and work contents

- Major domestic exposure (or accident) processes and work contents that are likely to affect workers due to the use or occurrence of the hazardous eye protection were investigated and presented.

- The flow chart of the main exposure (or accident) process is presented in a figure for easy understanding.

E) Presentation of domestic and international acute poisoning accident cases

- For domestic accident cases, we tried to identify all possible cases, and for overseas accident cases, we investigated and presented the main cases that are deemed applicable considering domestic business sites.

- Work environment measurement results and industrial accident statistics for the last three years provided by the Korea Occupational Safety and Health Institute were analyzed and reflected in the content.

F) Presentation of engineering, administrative, and personal measures as disaster prevention measures

- Disaster prevention measures for each type of work environment are categorized into engineering, administrative, and personal measures.

- Engineering measures include installing and regularly maintaining

proper ventilation, providing emergency cleaning and face washing facilities, and eliminating the possibility of direct exposure by introducing automatic processes.

- Administrative measures include immediate evacuation or removal from exposed environments; identification of handling, storage, and emergency procedures; familiarization with job duties; safety and health training and information for workers; consideration of substitutes; and updating safety data sheets.

- Personal measures include selecting appropriate protective equipment, instructing workers to wear it correctly or wearing it correctly, and training or practicing storage methods and work habits.

3. How to utilize the research

We developed a voluntary safety and health guide that can easily convey information on occupational diseases stipulated by the Serious Accident Punishment Act to business owners, managers, and workers at the frontline. It can be used by business owners and workers to establish and implement an autonomous safety and health management system by checking the work performed by workers in the company, and by workers to check whether there are moments when they are exposed to risk factors in the course of their work and manage them appropriately.

[부록 1] 관리자, 근로자를 위한 작업 전 체크리스트

1. 관리자를 위한 작업 전 체크리스트

표 50. 염화비닐 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
염화비닐의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 염화비닐이 노출될 수 있는 작업공정에 대해 교육하였는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
염화비닐을 사용하는 공간에 설치된 국소배기장치는 잘 작동되는지 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 51. 유기주석 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
------	---	-----

유기주석의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 유기주석이 노출될 수 있는 작업공정에 대해 교육하였는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 52. 메틸브로마이드 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
메틸 브로마이드의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 화학물질에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
메틸 브로마이드를 사용하는 공간에 환기는 잘 되는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 53. 일산화탄소 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
일산화탄소의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 일산화탄소에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
일산화탄소를 사용하는 공간에 진입하기 전 농도를 확인하기 위한 감지기를 지급하고 정기적으로 관리하고 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 54. 납이나 그 화합물 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
납이나 그 화합물의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 납 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		

납이나 그 화합물이 발생하는 공정에 국소배기장치를 올바르게 설치하고 정기적으로 관리하고 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 55. 수은이나 그 화합물 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
수은이나 그 화합물의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 수은 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
수은이나 그 화합물이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 56. 크롬이나 그 화합물 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
크롬이나 그 화합물의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 크롬 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
크롬이나 그 화합물이 발생하는 공간에 국소배기장치가 올바르게 설치되어 있고 잘 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 57. 벤젠 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
벤젠의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 벤젠 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		

벤젠이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 58. 톨루엔 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
톨루엔의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 톨루엔이 노출될 수 있는 작업공정에 대해 교육하였는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
톨루엔을 사용하는 공간에 설치된 국소배기장치는 잘 작동되는지 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 59. 크실렌 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
크실렌의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 크실렌이 노출될 수 있는 작업공정에 대해 교육하였는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
크실렌을 사용하는 공간에 설치된 국소배기장치는 잘 작동되는지 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 60. 스티렌 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
스티렌의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 톨루엔이 노출될 수 있는 작업공정에 대해 교육하였는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		

제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
스티렌을 사용하는 공간에 설치된 국소배기장치는 잘 작동되는지 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 61. 시클로hexan 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
시클로hexan의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 톨루엔이 노출될 수 있는 작업공정에 대해 교육하였는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
시클로hexan을 사용하는 공간에 설치된 국소배기장치는 잘 작동되는지 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 62. 노말핵산 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
노말핵산의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 톨루엔이 노출될 수 있는 작업공정에 대해 교육하였는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
노말핵산을 사용하는 공간에 설치된 국소배기장치는 잘 작동되는지 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 63. 트리클로로에틸렌 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
트리클로로에틸렌의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 톨루엔이 노출될 수 있는 작업공정에 대해 교육하였는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공된 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		

작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
트리클로로에틸렌을 사용하는 공간에 설치된 국소배기장치는 잘 작동되는지 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 확인하고 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 64. 이산화질소 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
이산화질소의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 수은 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
이산화질소가 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 65. 황화수소 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
황화수소의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 황화수소가 발생할 수 있는 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분은 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
황화수소가 발생할 수 있는 공정에 국소배기장치나 창문 등을 통해 환기가 적절히 이루어지고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 66. 시안화수소나 그 화합물 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
시안화수소나 그 화합물의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 수은 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		

작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
시안화수소나 그 화합물이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 67. 불화수소, 불산 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
불화수소(불산)의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 불화수소(불산) 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
불화수소(불산)이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 68. 인 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
인의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 인 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
인이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 69. 카드뮴이나 그 화합물 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
카드뮴이나 그 화합물의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 카드뮴 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		

표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
카드뮴이나 그 화합물이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 70. 트리클로로메탄 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
트리클로로메탄의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 트리클로로메탄 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
트리클로로메탄이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 71. 사염화탄소 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
사염화탄소의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 사염화탄소 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
사염화탄소가 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 72. 아크릴로니트릴 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
아크릴로니트릴의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 아크릴로니트릴 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		

표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
아크릴로니트릴이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 73. 1,1,2,2-테트라클로로에탄 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
1,1,2,2-테트라클로로에탄의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 1,1,2,2-테트라클로로에탄 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
1,1,2,2-테트라클로로에탄이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는 근로자가 없는지 확인하였는가?		

표 74. 퍼클로로에틸렌 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
퍼클로로에틸렌의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 퍼클로로에틸렌 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
퍼클로로에틸렌을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 75. 디이소시아네이트 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
디이소시아네이트의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 디이소시아네이트 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		

다이소시아네이트가 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		

표 76. 염소 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
염소의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 염소 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
염소가 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 77. 염화수소, 염산 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
염화수소, 염산의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 염화수소, 염산 공정에 대해 교육하였는가?		

작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
염화수소, 염산이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 78. 디메틸포름아미드 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
디메틸포름아미드의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 디메틸포름아미드 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
디메틸포름아미드가 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		

비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
----------------------	--	--

표 79. 트리클로로에틸렌 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
트리클로로에틸렌의 위험성을 알렸는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 트리클로로에틸렌 공정에 대해 교육하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 구비하여 빠짐없이 제공하였는가?		
제공한 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는지 확인하였는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하도록 교육하였는가?		
트리클로로에틸렌이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동하고 있는지 주기적으로 확인하였는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		

2. 근로자를 위한 작업 전 체크리스트

표 80. 염화비닐 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
염화비닐의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 염화비닐이 노출될 수 있는 작업공정을 알고 있는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
염화비닐을 사용하는 공간에 설치된 국소배기장치는 잘 작동되는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 81. 유기주석 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
유기주석의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 유기주석이 노출될 수 있는 작업공정을 알고 있는가?		
일하는 작업 장소 및 공정에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		

경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 82. 메틸브로마이드 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
메틸 브로마이드의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 화학물질에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
메틸 브로마이드를 사용하는 공간에 환기는 잘 되는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 83. 일산화탄소 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
일산화탄소의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 일산화탄소에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		

표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
일산화탄소를 사용하는 공간에 환기는 잘 되는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 84. 납이나 그 화합물 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
납이나 그 화합물의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 납 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
납이나 그 화합물을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 85. 수은이나 그 화합물 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
수은이나 그 화합물의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 수은 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		

착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
수은이나 그 화합물이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 있는가?		

표 86. 크롬이나 그 화합물 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
크롬이나 그 화합물의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 크롬 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
크롬이나 그 화합물을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 87. 벤젠 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
벤젠의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 벤젠 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하였는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
벤젠이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 교육하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 없는가?		

표 88. 톨루엔 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
톨루엔의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 납 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
톨루엔을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		

현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		
----------------------------	--	--

표 89. 크실렌 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
크실렌의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 납 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
크실렌을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 90. 스티렌 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
스티렌의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 납 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
스티렌을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		

경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 91. 시클로hexan 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
시클로hexan의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 납 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
시클로hexan을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 92. 노말hexan 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
노말hexan의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 납 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		

표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
노말핵산을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 93. 트리클로로에틸렌 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
트리클로로에틸렌의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 납 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
트리클로로에틸렌을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 94. 이산화질소 관리자 체크리스트

확인내용	예	아니오
이산화질소의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 수은 공정에 대해 숙지하였는가?		

작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
이산화질소가 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있고 올바르게 작동되고 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 95. 황화수소 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
황화수소의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 황화수소가 발생할 수 있는 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하였는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
황화수소가 발생할 수 있는 공정에 국소배기장치나 창문 등을 통해 환기가 적절히 이루어지고 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 없는가?		

표 96. 시안화수소나 그 화합물 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
시안화수소나 그 화합물의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 시안화수소가 발생할 수 있는 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하였는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
시안화수소나 그 화합물이 발생할 수 있는 공정에 국소배기장치나 창문 등을 통해 환기가 적절히 이루어지고 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육하였는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항이 없는가?		

표 97. 불화수소, 불산 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
불화수소(불산)의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 불화수소(불산) 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		

불화수소(불산)을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 98. 인 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
인의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 인 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
인이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 99. 카드뮴이나 그 화합물 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
카드뮴이나 그 화합물의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 납 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		

착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
카드뮴이나 그 화합물을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 100. 트리클로로메탄 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
트리클로로메탄의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 트리클로로메탄 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
트리클로로메탄을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 101. 사염화탄소 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
사염화탄소의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 사염화탄소 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
사염화탄소를 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 102. 아크릴로니트릴 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
아크릴로니트릴의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 아크릴로니트릴 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		

아크릴로니트릴을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 103. 1,1,2,2-테트라클로로에탄 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
1,1,2,2-테트라클로로에탄의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 1,1,2,2-테트라클로로에탄 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
1,1,2,2-테트라클로로에탄을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 104. 퍼클로로에틸렌 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
퍼클로로에틸렌의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 퍼클로로에틸렌 공정에 대해 숙지하였는가?		

작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
퍼클로로에틸렌을 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 105. 디이소시아네이트 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
디이소시아네이트의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 디이소시아네이트 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
디이소시아네이트가 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 106. 염소 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
염소의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 염소 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
염소가 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 107. 염화수소, 염산 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
염화수소, 염산의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 염화수소, 염산 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		

염화수소, 염산이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어 있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		
현재 건강상태 이상 및 기타 특이사항은 없는가?		

표 108. 트리클로로에틸렌 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
트리클로로에틸렌의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 트리클로로에틸렌 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
트리클로로에틸렌이 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		

표 109. 디메틸포름아미드 근로자 체크리스트

확인내용	예	아니오
디메틸포름아미드의 위험성을 이해하였는가?		
작업 장소에 노출될 수 있는 디메틸포름아미드 공정에 대해 숙지하였는가?		
작업 장소에 맞는 보호구를 착용하고 있는가?		
착용하고 있는 보호구에 손상이나 오염된 부분이 없는가?		
작업도구 종류 및 상태를 확인하였는가?		
표준작업방법 및 절차를 숙지하고 그에 따라 작업을 실시하는가?		
디메틸포름아미드를 발생하는 공정에 국소배기장치가 잘 설치되어있는가?		
경고표지 및 출입통제구역 등에 대해 숙지하였는가?		
비상시 대처방법에 대해 교육받았는가?		

[부록 2] OPS

그림 157. 염화비닐 OPS



염화비닐 급성중독 발생주의

염화비닐을 단기간에 고농도(급성)로 노출되면 **급성중독**되어
중추신경 억제작용, 부정맥, 피부 손상이 발생합니다.
또한 오래 노출되면 **인체발암물질**로
간혈관육종과 간세포암이 발생할 수 있습니다.

주로 **폴리염화비닐(PVC)**을 사용한 플라스틱 제품 생산 공정에서 노출되고 있습니다!

- 취급 공정에서는 작업 전과 도중에 필히 염화비닐 농도를 확인하세요!
- 달콤한 냄새가 나면 즉시 그 자리를 피하세요!
- 작업 전 항상 마스크, 보호복, 안전장갑, 보안경, 안전화 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!
- 염화비닐 증기가 발생하지 않게 작업 환경을 고온, 고압이 되지 않도록 하세요!
- 혼자 작업하지 않고 동료 근로자와 무 전기 등으로 항상 상호연락 가능하도록 하세요!

❗ 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

두통, 어지러움, 구역, 구토, 운동실조, 부정맥, 국소 동상 및 통증

염화비닐에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 염화비닐에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 흐르는 깨끗한 물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

- ※ 작업병인지 의심되거나 신재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)
- ※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 158. 유기주석 OPS



유기주석 급성중독 발생주의

유기주석은 단기간에
고농도(급성)로 노출되면 **급성중독**되어
기관지염, 폐부종, 간괴사, 신경계 영향이
발생합니다.

**주로 PVC 안정제 원료 제조·합성공장, 유기주석 저장탱크 청소작업에서
노출되고 있습니다!**

- 유기주석 저장탱크 내 진입 전 필히 적정공기 농도를 확인하세요!
- 작업 전 항상 송기마스크, 보호복, 안전장갑, 안전화 등의 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!
- 혼자 작업하지 않고 동료 근로자와 무전기 등으로 항상 상호연락 가능하도록 하세요!

❗ 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

어지러움, 시야가 흐릿해짐, 손발저림, 손떨림, 보행 어려움

유기주석에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 유기주석에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!
- * 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요! _____

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처지방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카리오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 159. 일산화탄소 OPS



일산화탄소

급성중독 발생주의

일산화탄소는 단기간에
고농도(급성)로 노출되면 **급성중독**되어
사망할 수 있고
중추신경계 손상이 발생합니다.

주로 겨울철 건설현장 콘크리트 보온양생작업에서 노출되고 있습니다!

- 갈탄 사용을 자제하고 전기열풍기를 사용하세요!
- 건설현장 콘크리트 보온양생작업 공간 진입 전 필히 일산화탄소 농도를 확인하세요!
- 작업 전 항상 송기마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!
- 혼자 작업하지 않고 동료 근로자와 무전기 등으로 항상 상호연락 가능하도록 하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

어지러움, 시야가 흐릿해짐, 손발저림, 손얼림, 보행 어려움

일산화탄소에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 일산화탄소에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처지방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 160. 메틸브로마이드 OPS



메틸브로마이드

급성중독 발생주의

**메틸브로마이드는 단기간에
고농도(급성)로 노출되면 급성중독되어
중추신경계 손상이 발생합니다.**

주로 수입물품 소독 운중작업에서 노출되고 있습니다!

- 운중소독 후 천막 제거 및 운반 업무 전 팔히 메틸브로마이드 농도를 확인하세요!
- 작업 전 항상 방독마스크, 보호복, 안전장갑, 보안경, 안전화 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

어지러움, 시야가 흐릿해짐, 손발저림, 손떨림, 보행 어려움

메틸브로마이드에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 메틸브로마이드가 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 흐르는 생리식염수로 15분간 세척!
- 옷을 입었어도 피부에 흡수되니 즉시 옷을 벗으세요!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 작업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 환경기반 응급처지방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 161. 납이나 그 화합물 OPS



납이나 그 화합물 급성중독 발생주의

**납이나 그 화합물이 단기간에
고농도(급성)로 노출되면 급성중독되어
중추신경계 장애, 후유증(정신, 신경 장애)이
발생합니다.**

주로 납 원료 제조 및 제련과정, 폐납 축전지 재활용 작업공정에서에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 방진마스크(밀폐 시 송기마스크) 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

복통, 오심, 구토, 변비, 어지러움, 두근거림, 두통, 기억저하, 보행 불안정

납이나 그 화합물에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 납이나 그 화합물이 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- * 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
 대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
 콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 162. 수은이나 그 화합물 OPS



수은이나 그 화합물 급성중독 발생주의

**수은이나 그 화합물이 단기간에
고농도(급성)로 노출되면 급성중독되어
팔다리 마비, 금속열이 발생합니다.
또한 뇌나 태아에 축적될 수 있습니다.**

주로 형광등 제조시설 철거작업 및 온도계 제조공장에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크, 보호복, 안전장갑, 보안경, 안전화 등의 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!
- 스플리트, 비상세안 및 세척설비의 위치를 기억해두세요!

❗ 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

전신에 힘이 빠짐, 감각 이상, 기억력 저하, 언어기능 저하, 보행기능 저하,
상복부 통증, 설사, 호흡곤란, 기침, 가슴 통증

수은이나 그 화합물에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 수은이나 그 화합물이 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- * 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요! _____

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221(평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상단: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 163. 크롬이나 그 화합물 OPS



크롬이나 그 화합물

급성중독 발생주의

크롬이나 그 화합물은 단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어 피부염, 폐부종, 급성간염, 급성신부전,
 금속열이 발생할 수 있습니다.

또한 **발암물질**로 오랫동안 노출되면 폐암, 비강 및
 부비동암을 발생시킬 수 있습니다.

주로 크롬 표면도금작업이나 크롬산 용액을 물에 쏟아서 노출되고 있습니다!

- 작업장에 크롬이 흩날리지 않도록 하세요!
- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크, 보호복, 안전장갑, 보안경, 안전화 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

**피부발적, 통증 호흡곤란, 가슴통증, 기침, 전신에 힘이 빠짐, 두통, 황달,
 오심, 식욕감소**

크롬이나 그 화합물에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 크롬이나 그 화합물이 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 흐르는 생리식염수로 15분간 세척!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 작업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
 대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
 콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상단: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 164. 벤젠 OPS



벤젠

급성중독 발생주의

**벤젠은 단기간에
고농도(급성)로 노출되면 급성중독되어
피부염, 중추신경 장애, 부신 장애가
발생할 수 있습니다.**

주로 자동차 도장작업, 인쇄공장 도료 사용작업, 플라스틱 제품 제조작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크, 보호복, 안전장갑, 안전화 등의 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

졸음, 현기증, 급격한 심장박동, 두통, 떨림, 혼란감, 의식불명

벤젠에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 벤젠이 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 흐르는 생리식염수로 15분간 세척!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 작업병인지 의심되거나 신재 신경을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 환경기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상단: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 165. 유기용제(톨루엔, 크실렌,스티렌,시클로hex산,노말hex산,트리클로로에틸렌) OPS



유기용제(톨루엔,크실렌,스티렌, 시클로hex산,노말hex산,트리클로로에틸렌) 급성중독 발생주의

**유기용제는 단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어 피부염, 중추신경 장애, 부신 장애가
발생할 수 있습니다.**

**주로 조선소 선박도장작업, 애곡시 바닥도장작업, 인쇄출판업 종셋인쇄작업에서
노출되고 있습니다!**

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크, 보호복, 안전장갑, 안전화 등의 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

❗ 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

졸음, 현기증, 급격한 심장박동, 두통, 떨림, 혼란감, 의식불명

유기용제에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 유기용제가 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 흐르는 생리식염수로 15분간 세척!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 작업병인지 의심되거나 신재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 166. 이산화질소 OPS



이산화질소

급성중독 발생주의

**이산화질소는 단기간에
고농도(급성)로 노출되면 급성중독되어
폐부종, 메트헤모글로빈혈증, 청색증이
발생합니다.**

주로 산소/LPG 토치작업에서 부산물로 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 열도록 지도하세요!
- 작업 전 항상 송기마스크, 보호복 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

가슴통증, 호흡곤란, 기침, 가슴 두근거림, 싹싹거림, 목구멍 및 눈 통증

이산화질소에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 이산화질소가 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 코로 들이마셨다면 즉시 코와 입을 옷으로 감싸고 숨을 참고 외부 공기가 있는 곳으로 나가세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 흐르는 생리식염수로 15분간 세척!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처지방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 167. 황화수소 OPS

황화수소 **급성중독 발생주의**

고농도의 황화수소는
1~2회 코로 들이마시는 것만으로도
급성중독되어
의식을 잃고 사망할 수 있습니다.

주로 분뇨처리작업 중 분뇨에서 다량 발생한 황화수소에 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 방독마스크(밀폐공간에선 송기마스크) 등의 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

썩은 달걀 냄새가 남, 기침, 눈 통증, 인후(코 속) 통증, 가슴통증, 두통, 어지러움

황화수소에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 황화수소가 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- * 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 작업병인지 의심되거나 신재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 작업병 안심센터**

대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 작업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 한정기간 응급처지방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**

콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 168. 시안화수소 OPS



시안화수소

급성중독 발생주의

시안화수소는 어떤 경로로도
몸속으로 쉽게 흡수될 수 있습니다.

급성중독되면

주요 장기가 손상되고 사망할 수 있습니다.

주로 도급사업장의 시안화합물 용해액 제조 및 배합작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 열도록 지도하세요!
- 작업 전 항상 마스크, 보호복, 보호장갑 등의 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

두통, 어지러움, 감각이상, 불안감, 무력감, 의식소실(쓰러짐), 호흡곤란,
가슴통증, 구토, 배 통증, 눈 및 코속 통증

시안화수소에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 시안화수소에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 코로 들이마셨다면 즉시 코와 입을 옷으로 감싸고 숨을 참고 외부 공기가 있는 곳으로 나가세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 흐르는 생리식염수로 15분간 세척!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 작업병인지 의심되거나 신재 신경을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카리오독상당 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 169. 불화수소, 불산 OPS



불화수소/불산 급성중독 발생주의

불화수소, 불산은
단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어
청색증, 폐부종, 화상, 부정맥이 발생합니다.

주로 불화수소 제조 및 저장작업에서 증기 및 용액의 형태로 노출되고 있습니다!

- 불화수소/불산을 다루는 작업 중에는 필히 적정보호구를 착용하도록 지도하세요!
- 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 저장탱크, 배관의 부식으로 용액이 누출되면 피하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

가슴통증, 호흡곤란, 기침, 화상, 눈 통증, 코 속 통증, 뼈 통증

불화수소/불산에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 불화수소/불산에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상단: 서울시독성물질중독센터 검색

그림 170. 인 OPS



인

급성중독 발생주의

**인은 단기간에 고농도(급성)로 노출되면
 급성중독되어
 청색증, 폐부종, 간·신장 과사가 발생합니다.**

주로 화학 및 석남 제조업 제조 및 정리작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!!
- 작업 전 항상 마스크, 보호복, 보호장갑 등의 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!
- 비상세안 및 세척설비의 위치를 기억해두세요!

❗ 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

호흡곤란, 기침, 가슴통증, 가슴두근거림, 코와 목통증, 눈통증 및 눈물분비, 야경증, 피부통증, 피부발진

인에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 인에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 흐르는 생리식염수로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
 대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처지방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
 콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상당: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 171. 카드뮴 OPS



카드뮴 급성중독 발생주의

카드뮴은 단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어 폐섬유화, 신장손상, 금속열이 발생합니다.
또한 **발암물질**로 오랫동안 노출되면 폐암을
유발할 수 있습니다.

주로 **합금작업, 코팅 금속의 산소 아세틸렌 절단과정, 카드뮴이 함유된 금속
제련·용해·정련과정**에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 방진마스크(밀폐 시 송기마스크)를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

**호흡곤란, 기침, 가슴통증, 발열, 오한, 소변량 변화, 부종, 구역, 구토, 눈 통증,
눈물 증가, 피부 통증**

카드뮴에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 카드뮴에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본특성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 특성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 특성물질 중독센터 검색

그림 172. 트리클로로메탄 OPS



트리클로로메탄

급성중독 발생주의

트리클로로메탄은 단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어 중추신경계 이상, 독성 간염이 발생합니다.
발암물질로 오랫동안 노출되면
 간암, 신장암을 유발할 수 있습니다.

주로 금속제품 세척작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

호흡곤란, 기침, 가슴통증, 발열, 오한, 소변량 변화, 부종, 구역, 구토, 눈 통증,
 눈물 증가, 피부 통증

트리클로로메탄에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 트리클로로메탄에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!
- * 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요! _____

※ 직업병인지 의심되거나 신재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
 대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 가분독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
 콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 173. 사염화탄소 OPS



사염화탄소 급성중독 발생주의

사염화탄소가 단기간에
고농도(급성)로 노출되면 **급성중독**되어
중추신경계 억제, 급성 간염, 급성 신부전, 황달이
발생합니다.

주로 수지 및 불순물 제거작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

황달, 복통, 혈뇨, 소변량 감소, 부종, 피부 발진, 물집, 피부 통증, 눈 통증,
눈물 분비, 코 속 통증

사염화탄소에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 사염화탄소에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 작업병인지 의심되거나 신장 신경을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 안전영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 174. 아크릴로니트릴 OPS



아크릴로니트릴 급성중독 발생주의

**아크릴로니트릴은
단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어
기관지염, 유전 및 생식독성이 발생합니다.**

주로 ABS수지 원료제품 인두작업, 아크릴로니트릴 사용작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

기침, 호흡곤란, 가슴통증, 청색증, 눈 통증, 눈물 분비, 코 속 통증, 두통, 어지러움, 집중력 저하, 경련

아크릴로니트릴에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 아크릴로니트릴에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 신재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **한국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 종합관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상단: 서울시 독성물질 종합센터 검색

그림 175. 1,1,2,2-테트라클로로에탄 OPS



1,1,2,2-테트라클로로에탄

급성중독 발생주의

1,1,2,2-테트라클로로에탄은
단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어
중추신경계 억제, 독성 간염, 간 경련이 발생합니다.

주로 금속제품 세척작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

두통, 어지러움, 구역, 구토, 집중력 감소, 황달, 상복부 통증, 부종,
손발 따끔거림과 저림, 소변량 감소, 피부 발진과 통증, 눈 통증, 눈물 과다 분비

1,1,2,2-테트라클로로에탄에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 1,1,2,2-테트라클로로에탄에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 작업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 안전영향정보, 현장가만 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상당: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 176. 퍼클로로에틸렌 OPS



퍼클로로에틸렌 급성중독 발생주의

퍼클로로에틸렌은
단기간에 고농도(급성)로 노출되면 **급성중독**되어
중추신경계 억제, 독성 간염, 간 괴사, 폐부종, 부정맥이
발생합니다.

주로 **세척작업**에서 **증기 형태**로 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

두통, 어지러움, 집중력 감소, 경련, 감각이상, 황달, 부종, 상복부 통증, 기침,
호흡곤란, 가슴 두근거림, 흉통, 의식소실, 눈 통증, 눈물 분비 과다, 피부 발진

퍼클로로에틸렌에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 **대처**하세요!

- 퍼클로로에틸렌에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 환경기반 응급처지방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상당: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 177. 디이소시아네이트 OPS



디이소시아네이트

급성중독 발생주의

디이소시아네이트가
단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어
천식, 폐부종, 폐출혈이 발생합니다.

주로 페인트 도장작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

쌉쌉거리는 호흡소리, 호흡곤란, 기침, 가래, 가슴통증, 잇몸출혈, 코 출혈,
피부 멍, 두통, 집중력 저하, 보행장애, 호흡곤란, 발열, 근육통, 코 속 통증,
목 통증, 눈 통증

디이소시아네이트에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 디이소시아네이트에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상단: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 178. 염소 OPS



염소

급성중독 발생주의

염소는 단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어
폐부종, 화학적 폐렴, 결막염, 치아부식이 발생합니다.

주로 염소용기 교체작업, 염소가스 발생작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

호흡곤란, 가슴통증, 기침, 청색증, 씹씹거리는 호흡소리, 목 통증, 눈에 타는 듯한 통증, 시력저하, 치아부식

염소에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 신재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
 대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처지방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
 콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 179. 염화수소, 염산 OPS



염화수소/염산 급성중독 발생주의

염화수소, 염산은 단기간에 고농도(급성)로 노출되면 **급성중독**되어 상기도 부종, 화학적 폐렴, 피부 변색, 소화기관 협착/천공/출혈이 발생합니다.

주로 액체 염산 보충작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

호흡곤란, 가슴통증, 기침, 청색증, 쌉쌀거리는 호흡소리, 목 통증, 눈에 타는 듯한 통증, 피부 변색, (삼킬 경우) 위장관 협착·천공·출혈

염화수소, 염산에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 **대처**하세요!

- 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있는지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상단: 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 180. 트리클로로에틸렌 OPS



트리클로로에틸렌 급성중독 발생주의

트리클로로에틸렌에
단기간에 고농도(급성)로 노출되면 **급성중독**되어
중추신경계 억제, 시각장애, 청력저하,
급성신부전, 부정맥, 성욕 감소가 발생합니다.
또한 오래 노출되면 **발암물질**로 간암, 신장암이 발생합니다.

주로 **금속부품 세척담당작업**에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!
- 혼자 작업하지 않고 동료 근로자와 무전기 등으로 항상 상호연락 가능하도록 하세요!
- 비상세안 및 세척설비의 위치를 기억해두세요!

! 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

졸음, 현기증, 급격한 심장박동, 두통, 떨림, 혼란감, 의식불명

트리클로로에틸렌에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 **대처**하세요!

- 트리클로로에틸렌에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 작업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**

대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 가연독성 및 인체양향정보, 현장기반 응급처치방법 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**

콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카이오독성당, 서울시 독성물질 중독센터 검색

그림 181. 디메틸포름아미드 OPS



디메틸포름아미드

급성중독 발생주의

**디메틸포름아미드에
단기간에 고농도(급성)로 노출되면
급성중독되어
독성 간염, 알코올 불내증, 신장 독성이 발생합니다.**

주로 금속외장부분 광택연마작업, 스테인리스강판 세척작업에서 노출되고 있습니다!

- 작업장이 밀폐되지 않도록 작업 전부터 끝날 때까지 환기장치를 가동하고 창문을 여세요!
- 작업 전 항상 마스크 등 적정 보호구를 올바르게 착용하세요!
- 혼자 작업하지 않고 동료 근로자와 무전기 등으로 항상 상호연락 가능하도록 하세요!
- 비상세안 및 세척설비의 위치를 기억해두세요!

❗ 아래 중독증상이 나타나는지 확인하세요!

복통, 황달, 구토, 경련성 복통, 눈 통증, 눈물 과다, 피부 통증 및 발진, 부종, 소변량 감소

디메틸포름아미드에 본인 및 동료 근로자가 노출되었다면 아래와 같이 대처하세요!

- 디메틸포름아미드에 노출된 그 장소를 즉시 벗어나세요!
- 눈에 들어갔거나 피부에 닿았다면 즉시 옷을 벗고 찬물로 15분간 세척!
- 입으로 삼킨 경우 억지로 물을 먹거나 구토하지 않기!

*** 응급조치를 하였어도 이후 즉시 응급실에 방문하여 치료 받아야 합니다!**

필요 시 아래로 연락하세요!

※ 직업병인지 의심되거나 산재 신청을 할 수 있을지 궁금하다면 **전국 직업병 안심센터**
대표번호: 1588-6798 / 대표홈페이지: kodsc.org (지역별 직업병 안심센터 확인 가능)

※ 기본독성 및 인체영향정보, 현장기반 응급처지방안 정보가 필요하다면 **서울시 독성물질 중독관리센터**
콜센터: 1855-2221 (평일 09:00~17:00) / 대표홈페이지: www.seoulpcc.or.kr / 카카오톡상담: 서울시 독성물질 중독센터 검색

연구진

연구기관 : 대한산업보건협회 산업보건환경연구원

연구책임자 : 조기홍 (수석연구원, 산업보건환경연구원)

연구원 : 김부욱 (책임연구원, 산업보건환경연구원)

연구원 : 윤진하 (부교수, 연세대학교 의과대학)

연구원 : 김지우 (연구원, 산업보건환경연구원)

연구원 : 천지영 (연구원, 산업보건환경연구원)

연구원 : 심진우 (연구원, 산업보건환경연구원)

연구원 : 한진희 (대표, 디자인한)

연구보조원 : 백성욱 (전공의, 연세대학교 의과대학)

연구보조원 : 임명훈 (전공의, 연세대학교 의과대학)

연구상대역 : 조지훈 (연구위원, 직업환경연구실)

연구기간

2023. 04. 26. ~ 2023. 11. 30.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2023년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

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

산업안전보건연구원장

중대재해처벌법에서 규정한 직업성 질병에 대한 자율안전보건 가이드 개발(Ⅰ)

(2023-산업안전보건연구원-717)

발 행 일 : 2023년 11월

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 대한산업보건협회 산업보건환경연구원 조기홍 실장

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 052-703-0884

팩 스 : 052-703-0337

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

I S B N : 978-89-93948-00-00

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체