

최종보고서

허용기준 설정대상 유해인자 선정을
위한 유해성·위험성 평가 및
사회성·경제성 평가 연구

김치년·김태윤·노영만·김기연

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구”의 최종 연구결과 보고서로 제출합니다.

2017년 10월

연구기관 : 연세대학교 산학협력단

연구기간 : 2017.04.14 ~ 2017.10.31

연구책임자 : 김치년(연세대학교 산업보건학과 교수)

공동연구원 : 노영만(송현캠컨설팅 대표이사)

공동연구원 : 김태윤(한양대학교 정책학과 교수)

공동연구원 : 김기연(부산가톨릭대학교 산업보건학과 교수)

연구보조원 : 김성훈(연세대학교 보건대학원 보건학석사)

연구보조원 : 김홍관(연세대학교 보건대학원 보건학석사)

연구보조원 : 배숙원(연세대학교 보건학과 박사과정)

연구보조원 : 김지우(연세대학교 보건학과 석사과정)

연구보조원 : 김유경(연세대학교 보건대학원 석사과정)

연구보조원 : 허신희(한양대학교 행정학과 박사수료)

연구보조원 : 조예진(한양대학교 과학기술정책학과 박사수료)

연구보조원 : 이지은(한양대학교 과학기술정책학과 박사수료)

연구보조원 : 양수임(한양대학교 과학기술정책학과 박사과정)

연구보조원 : 최희진(송현캠컨설팅)

연구보조원 : 이보라(송현캠컨설팅)

연구보조원 : 덩옌(부산가톨릭대학교 산업보건학과 석사과정)

연구보조원 : 김두영(부산가톨릭대학교 산업보학과 학사과정)

요 약 문

연구기간

2017년 4월 ~ 2017년 10월

핵심 단어

허용기준, 유해성·위험성, 취급실태, 노출기준, 작업환경측정, 사회성·경제성

연구과제명

허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

1. 연구배경

노출기준 설정 물질의 제·개정에 대한 연구는 지금까지 상당 부분 수행된 반면, 허용기준 설정 물질의 경우 2006년 허용기준 도입 관련 연구 수행 이후 검토 관련 연구가 상대적으로 미진한 상황이다.

현재까지 수행된 허용기준 연구를 살펴보면 “허용기준 기 설정 대상 유해인자의 허용기준 개정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 (2014)”를 통해 13종 중 7종에 대한 새로운 허용기준치가 제안되었다. 2015년의 경우 “허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구”를 통해 취급 근로자에게 건강장해를 유발할 수 있는 화학물질을 허용기준 설정물질로서 추가 확대하는 선정방안에 대해 검토하였고, 그 결과로 허용기준 설정대상 확대 후보 물질로서 71종을 선정하였다.

따라서 본 연구에서는 선행연구에서 수행된 허용기준 설정대상 유해인자 선정기준안을 적용하여 산안법상 관리 수준 변경이 필요한 화학물질을 대상으로 유해성·위험성 평가, 사회성·경제성 평가 실시 및 기존의 작업환경측정 결과의 분석 등을 통해 산안법상 관리 수준을 변경(허용기준 설정 대상 유해인자 선정)의 적정성 검토를 통해 허용기준

설정 대상 유해인자를 추가 지정함으로써 근로자의 직업병 예방에 기여에 활용하고자 한다.

2. 주요 연구내용

○ 유해성·위험성 평가

선정 연구대상 물질 26종에 대하여 화학물질의 유해성위험성 평가 지침(KOSHA GUIDE, W-6-2016)에 의거하여 유해성·위험성 평가에 대한 우선순위 적용 결과, 작업환경실태조사 자료와 작업환경측정결과 자료의 우선순위를 비교하였을 때, 선정 대상물질에 10종(산화에틸렌, 메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트, 시클로헥사논, 아크릴로니트릴, 아닐린과 아닐린 동족체, 황산, 디클로로메탄, 트리클로로메탄, 베릴륨과 그 화합물, 삼수소화비소)의 경우 같은 수준의 순위를 보였으며, 나머지 16종(염화비닐, 암모니아, 1,3-부타디엔, 수은, 코발트 및 그 무기화합물, 톨루엔, 스티렌, 1,2-디클로로프로판, 망간 및 그 무기화합물, 염소, 일산화탄소, 메틸알코올, 휘발성 콜타르피치, 수산화나트륨, 브롬화메틸, 니켈카보닐)의 물질에 대해서는 각각 다른 순위를 나타냈다(세부적인 연구결과는 본문 참조).

○ 사회성·경제성 평가

선정 연구대상 물질 26종에 대하여 사회성·경제성 평가를 수행한 결과, 분석기간 30년 기준 할인율 5.5% 적용시 총비용은 15,077,336,291원, 총편익은 30,140,299,928원, 순편익은 15,062,963,637원, B/C ratio 2.00으로 나타났다. 또한 기간은 영구 기준 할인율 5.5% 적용시 총비용은 18,021,478,102원, 총편익은 36,901,013,746원, 순편익은 18,879,535,644원, B/C ratio 2.05로 분석기간이 늘어날수록 순편익이 증가하는 것으로 나타났다(세부적인 연구결과는 본문 참조).

3. 연구 활용반안

본 연구는 2015년 수행된 “허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구” 결과에 근거하여 산업안전보건법상 관리수준 변경이 필요하다고 판단되는 26가지 물질을 대상으로 유해·위험성 평가, 허용기준 적용을 위한 기술적 타당성 평가, 근로자 노출실태 조사 등을 실시하고, 2016년도에 유해성·위험성 평가 및 산업체 노출실태 평가 연구가 실시된 15종 및 2017년도에 추가적으로 실시하는 11종을 대상으로 사회성·경제성 실시하여 허용기준 설정 대상 유해인자를 추가 지정함으로써 근로자의 직업병 예방에 기여하고 추후 본 연구 결과와 검토대상 화학물질의 허용기준 설정을 위한 기초자료로 유용하게 활용될 것이다.

4. 연락처

- 연구책임자 : 연세대학교 산업보건연구소 교수 김치년
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 산업화학연구실 홍문기
 - ☎ 042) 869. 0312
 - E-mail hongmnk@kosha.or.kr

본문 차례

I. 서론 1

1. 연구배경 및 필요성	1
2. 관련 선행 연구에 대한 내용 분석	15
1) 작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준 수준에 관한 연구 (2006년 8월)	15
(1) 연구목적	15
(2) 연구결과	15
2) 화학물질 노출기준 제·개정(안) 연구 및 물질별 산업보건 편람 작성(Ⅱ) : 이황화탄소 (2008년 11월)	15
(1) 연구목적	15
(2) 연구결과	16
3) 화학물질 노출기준 제·개정 연구(트리클로로에틸렌)(2006년 5월)	17
(1) 연구목적	17
(2) 연구결과	17
4) 영국의 화학물질 노출기준에 관한 연구 (2012년 12월)	17
(1) 연구목적	17
(2) 연구결과	18
5) 허용기준 제정물질의 작업환경측정 및 분석에 관한 비교: 6가 크롬, 포름알데히드, TDI (2009년)	18
(1) 연구목적	18

(2) 연구결과	19
6) 허용기준 기 설정 대상 유해인자의 허용기준 개정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구 (2014년 11월)	20
(1) 연구목적	20
(2) 연구결과	20
7) 허용기준 설정 물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구(2015년 11월) 22	
(1) 연구목적	22
(2) 연구결과	23
8) 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 산업체 노출실태 평가 연구 (2016년 10월)	23
(1) 연구목적	23
(2) 연구결과	24
9) 특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가 연 구 (2014년 7월)	26
(1) 연구목적	26
(2) 연구결과	28
3. 연구목적	38

II. 연구내용 및 방법 41

1. 연구내용 및 범위	41
1) 연구 대상 물질 선정	41
2) 선정 화학물질 대상 유해성·위험성 평가	44

3) 연구 대상물질 국내 취급실태 분석	45
4) 선정된 연구대상물질의 국내외 화학물질 규제수준 조사	45
5) 사회성·경제성 평가	46
2. 연구방법	47
1) 선정 화학물질 대상 유해성·위험성 평가	47
(1) 국내외 신뢰성 있는 문헌조사 등 연구자료 활용을 통하여 대상 화학물 질 유해성 및 물리·화학적 특성 정리	47
(2) (고용노동부 예규66호) 제13조에서 정한 방법 외 국내·외 사고사례를 조사하여 유해성 입증	49
(3) 유해성·위험성 평가 관련 규정에 근거하여 연구대상 화학물질에 대한 근로자 노출평가 실시	50
(4) 화학물질의 유해성위험성 평가에 관한 규정(고용노동부 예규66호)에 근 거한 대상물질 11종의 용량-반응 평가 및 위험성 결정	51
2) 연구대상 물질 국내 취급실태 분석	64
(1) 화학물질 정보공개 통계조사 분석	64
(2) 고용노동부 작업환경실태조사 검토	64
(3) 한국무역협회 자료 검토	65
3) 선정 화학물질의 국내외 화학물질 규제수준 조사	66
(1) 연구대상 화학물질에 대한 국내외 노출기준 조사	66
(2) 미국 OSHA의 허용기준(Permissible Exposure Limits) 검토	66
(3) 국내외 타 부처의 규제기준 고찰	66
(4) 안전보건공단 및 환경부의 GHS 분류결과 조사	67
4) 유해성·위험성 평가 우선순위 선정 절차	69
(1) 건강유해성 구분별 가중치 부여	69
(2) 직업병 발생 평가 항목 가중치	70

(3) 노출가능성 고려한 가중치 부여	70
(4) 근로자 노출평가 결과 조사	72
5) 선정 화학물질의 26종에 대한 사회성·경제성 평가	73
(1) 기초 현황조사	73
(2) 법규분석	73
(3) 사업체대상 설문조사	73
(4) 전문가대상 델파이조사 및 설문조사	73
3. 연구추진계획	74
1) 연구추진체계	74

III. 유해성·위험성 평가 결과 75

1. 선정 화학물질 대상 유해성·위험성 평가	75
1) 국내외 문헌조사 등 연구자료 활용을 통한 유해성 확인	75
(1) 안전보건공단 물질안전보건자료 근거 대상 화학물질 유해성 및 물리· 화학적 특성 정리	75
(2) 유해성 확인	89
2) 국내·외 직업병 및 사고사례 조사 분석을 통한 유해성 입증	91
(1) 국내 사고사례 조사	91
(2) 국외 사고사례 조사	91
3) 근로자 노출 평가	92
4) 용량-반응 평가 및 위험성 결정	112
5) RfCworker값에 따른 Hazard Quotient(유해지수) 분석	123
2. 연구대상 물질 국내 취급실태 분석	130

1) 화학물질 정보공개 통계조사 분석	130
2) 고용노동부 작업환경실태조사 자료 검토	132
3) 한국무역협회 자료 검토	140
3. 선정 화학물질의 국내외 화학물질 규제수준 조사	147
1) 연구대상 26종 화학물질에 대한 국내외 노출기준 조사	147
2) 미국 OSHA의 허용기준(Permissible Exposure Limits) 검토	195
3) 국내외 타 부처의 규제기준 고찰	198
4) 한국산업안전보건공단 및 환경부의 GHS 분류결과 조사	207
4. 선정 화학물질의 유해성·위험성 평가 우선순위 선정	214
1) 작업환경실태조사 자료에 따른 우선순위 적용 결과	214
2) 작업환경측정결과(K2B) 자료에 따른 우선순위 적용 결과	223
3) 각 자료에 따른 우선순위 적용 결과 비교	232

IV. 사회성·경제성 평가 결과 234

1. 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 사회성·경제성 평가의 틀	234
1) 사회성 경제성 평가의 의의	234
2) 사회성 경제성 평가의 기본 가정	235
(1) 분석기간	235
(2) 할인율	236
2. 규제 대상 화학물질의 분류	238
1) 규제 전 화학물질들의 관리수준	241
(1) 노출기준 설정 대상 유해인자	241
(2) 관리대상 유해물질	245

(3) 특별관리물질	250
(4) 작업환경측정 대상 유해인자	251
(5) 허가대상물질	256
2) 규제 후 화학물질의 관리기준: 허용기준 설정대상 유해인자	259
3. 사회성·경제성 평가의 비용 및 편익의 분석	262
1) 비용의 평가 및 측정	262
(1) 시나리오 분류	262
(2) 시나리오별 비용	265
(3) 할인율별 총 비용	298
2) 편익의 평가 및 측정	302
(1) 편익의 평가	302
(2) 델파이조사: 경제사회적 편익의 측정	306
(3) 편익의 측정	306

IV. 결론 343

V. 참고문헌 344

Abstract 411

부 록 415

첨 부 500

표 차례

<표 I -1> 산업안전보건법상 화학물질 관리 조항	4
<표 I -2> 2005년 국내 직업병 및 사회적 물의 발생 물질	7
<표 I -3> 현 허용기준 설정대상 유해물질(산안법 제39조의2)	9
<표 I -4> 산업안전보건법상 화학물질 관리수준에 따른 분류 기준	13
<표 II -1> 연구대상 화학물질 26종	44
<표 II -2> 연구대상 화학물질 26종(계속)	45
<표 II -3> 물리·화학적 특성 조사를 위한 항목	49
<표 II -4> 물리·화학적 특성 데이터베이스	50
<표 II -5> 흡입단위위험도(IUR)값을 이용한 RfCwork 변환 방법	57
<표 II -6> 경구경사값(SF)의 흡입단위위험도(IUR) 변환 방법	58
<표 II -7> BMDL10 등 발암성 시험값을 이용한 RfCwork값 산정 방법	60
<표 II -8> 비발암성 물질의 용량-반응평가 적용 사례 -흡입독성 자료를 이용한 경우	62
<표 II -9> 비발암성 물질의 용량-반응평가 보정계수 통일화 지침	63
<표 II -10> 경구독성 시험에서 시험동물별 보정계수	64
<표 II -11> 미국 환경보호청의 RfC를 사용하여 RfCwork를 보정하는 방 법	65
<표 II -12> 건강유해성 구분별 가중치 부여 기준	72
<표 II -13> 직업병 발생 평가 항목 가중치 부여 기준	73
<표 II -14> 노출가능성 고려한 가중치 부여기준	74

<표 II-15> 변동비율에 따른 가중치 부여기준	74
<표 II-16> 근로자 노출평가(초과율) 점수 부여 기준	75
<표 III-1> 연구대상물질의 GHS에 따른 유해성 분류	79
<표 III-2> 유해성 확인 단계	93
<표 III-3> 근로자 노출평가 결과	102
<표 III-4> 근로자 노출평가 결과(계속)	103
<표 III-5> 근로자 노출평가 결과(계속)	104
<표 III-6> 근로자 노출평가 결과(계속)	105
<표 III-7> 근로자 노출평가 결과(계속)	106
<표 III-8> 근로자 노출평가 결과(계속)	107
<표 III-9> 근로자 노출평가 결과(계속)	108
<표 III-10> 근로자 노출평가 결과(계속)	109
<표 III-11> 근로자 노출평가 결과(계속)	110
<표 III-12> 근로자 노출평가 결과(계속)	111
<표 III-13> 근로자 노출평가 결과(계속)	112
<표 III-14> 근로자 노출평가 결과(계속)	113
<표 III-15> 근로자 노출평가 결과(계속)	114
<표 III-16> 연구대상 물질 대상 용량-반응 평가 및 위험성 결정	120
<표 III-17> Harzard Qoutient 분석 결과	129
<표 III-18> Harzard Qoutient 분석 결과(계속)	130
<표 III-19> Harzard Qoutient 분석 결과(계속)	131
<표 III-20> Harzard Qoutient 분석 결과(계속)	132
<표 III-21> 연구대상 화학물질(26종)의 화학물질 정보공개 통계자료	

〈표 III-22〉 연구대상 화학물질의 작업환경실태조사 분석결과	139
〈표 III-23〉 연구대상 화학물질의 작업환경실태조사 분석결과(계속)	140
〈표 III-24〉 연구대상 화학물질의 작업환경실태조사 분석결과(계속)	·141
〈표 III-25〉 연구대상 화학물질의 작업환경실태조사 분석결과(계속)	·142
〈표 III-26〉 연구대상 화학물질의 한국무역협회 자료 검토결과	146
〈표 III-27〉 연구대상 화학물질의 한국무역협회 자료 검토결과(계속)	147
〈표 III-28〉 연구대상 화학물질의 한국무역협회 자료 검토결과(계속)	148
〈표 III-29〉 연구대상 화학물질의 한국무역협회 자료 검토결과(계속)	149
〈표 III-30〉 삼수소화비소(7784-42-1)의 국내외 노출기준	150
〈표 III-31〉 암모니아(7664-41-7)의 국내외 노출기준	152
〈표 III-32〉 메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트(101-68-8)의 국내외 노출기준	154
〈표 III-33〉 염소(7782-50-5)의 국내외 노출기준	156
〈표 III-34〉 브롬화 메틸(74-83-9)의 국내외 노출기준	158
〈표 III-35〉 수산화나트륨(1310-73-2)의 국내외 노출기준	160
〈표 III-36〉 산화에틸렌(75-21-8)의 국내외 노출기준	162
〈표 III-37〉 염화비닐(75-01-4)의 국내외 노출기준	164
〈표 III-38〉 황산(7664-93-9)의 국내외 노출기준	166
〈표 III-39〉 1,3-부타디엔(106-99-0)의 국내외 노출기준	169
〈표 III-40〉 1,2-디클로로프로판(78-87-5)의 국내외 노출기준	171
〈표 III-41〉 톨루엔(108-88-3)의 국내외 노출기준	172
〈표 III-42〉 수은(7439-97-6)의 국내외 노출기준	174
〈표 III-43〉 휘발성콜타르피치(65996-93-2)의 국내외 노출기준	175
〈표 III-44〉 일산화탄소(630-08-0)의 국내외 노출기준	176
〈표 III-45〉 베릴륨(7440-41-7) 및 그 화합물의 국내외 노출기준	178

<표 III-46> 니켈카보닐(13463-39-3)의 국내외 노출기준	180
<표 III-47> 아크릴로니트릴(107-13-1)의 국내외 노출기준	180
<표 III-48> 스티렌(100-42-5)의 국내외 노출기준	182
<표 III-49> 메틸알코올(67-56-1)의 국내외 노출기준	184
<표 III-50> 망간(7439-96-5) 및 그 무기화합물의 국내외 노출기준 ...	186
<표 III-51> 아닐린과 아닐린 동족체(62-53-3)의 국내외 노출기준	188
<표 III-52> 시클로헥사논(108-94-1)의 국내외 노출기준	190
<표 III-53> 코발트(7440-48-4) 및 그 무기화합물의 국내외 노출기준	192
<표 III-54> 디클로로메탄(75-09-2)의 국내외 노출기준	194
<표 III-55> 트리클로로메탄(클로로포름)(67-66-3)의 국내외 노출기준	196
<표 III-56> 미국 OSHA의 허용기준(PEL)	198
<표 III-57> 국내외 타 부처의 규제기준	201
<표 III-58> 한국산업안전보건공단 및 환경부의 GHS 분류결과	208
<표 III-59> 유해성 및 취급실태 등에 따른 우선순위 적용 결과 - 작업 환경실태조사 자료 활용(2009, 2014년)	223
<표 III-60> 유해성 및 취급실태 등에 따른 우선순위 적용 결과 - 작업 환경측정결과(K2B) 자료 활용(2012, 2016년)	232
<표 III-61> 유해성 및 취급실태 등에 따른 우선순위 적용 결과(최종)	234

<표 IV-1> 시나리오 분류	264
<표 IV-2> 할인율 5.5% 적용 30년 기준 시나리오별 비용	299
<표 IV-3> 할인율 5.5% 적용 영구 기준 시나리오별 비용	300
<표 IV-4> 할인율 3% 적용 30년 기준 시나리오별 비용	301
<표 IV-5> 할인율 3% 적용 영구 기준 시나리오별 비용	302

<표 IV-6> 화재위험성 정도	305
<표 IV-7> 26종 화학물의 건강장해 및 화재 및 폭발 위험성	306
<표 IV-8> 시나리오 별 편익의 산식	317
<표 IV-9> 할인율 5.5% 30년 기준 시나리오 별 편익	319
<표 IV-10> 할인율 5.5% 영구 기준 시나리오 별 편익	320
<표 IV-11> 할인율 3% 30년 기준 시나리오 별 편익	321
<표 IV-12> 할인율 3% 영구 기준 시나리오 별 편익	322
<표 IV-13> 30년 기준 총 편익	323
<표 IV-14> 영구년 기준 총 편익	323
<표 IV-15> 비용편익의 비교	324
<표 IV-16> 물질별 효과 점수 및 순위	330
<표 IV-17> 할인율 5.5%, 30년 기준의 물질별 비용편익 분석 결과	335
<표 IV-18> 할인율 5.5%, 영구기간 기준 물질별 비용편익 분석 결과	337
<표 IV-19> 할인율 3%, 30년 기준 물질별 비용편익 분석 결과	339
<표 IV-20> 할인율 3%, 영구기간 기준 물질별 비용편익 분석 결과	341

그림 차례

[그림 I -1] 관리수준에 따른 화학물질 분류체계	6
[그림 I -2] 연구 대상물질 선정 절차	12
[그림 II -1] 용량-반응평가 모식도	54
[그림 II -2] 발암성물질의 용량-반응평가 절차	55
[그림 II -3] 고용노동부 작업환경실태조사 자료 분석	67
[그림 II -4] 한국무역협회의 품목별 수출입 통계	68
[그림 II -5] 미국 OSHA 허용기준 검토	69
[그림 II -6] 연구대상 물질 대상 국내외 타부처 규제기준 고찰	70
[그림 II -7] 연구대상 물질 대상 안전보건공단 및 환경부 GHS 분류결과 비교 조사	71
[그림 II -8] 연구 추진 계획 체계도	77
[그림 III -1] 연구대상 화학물질 26종 국외 직업병 발생 사례	95
[그림 III -2] 유해지수 산출식	126

I. 서 론

1. 연구배경 및 필요성

사회 생활수준 향상에 따라 인간의 욕구 또한 지속적으로 증대하고 있으며 이러한 욕구 충족을 위해 인류는 새로운 용도의 화학물질을 개발 및 생산하고 있다(이권섭, 2009). 사업장에서 사용되고 있는 화학물질들은 첨가제, 주원료, 부원료 등의 원료물질에서부터 공정상에서 발생하는 부산물 그리고 합성세제, 화장품, 염료 등과 같은 생산 제품에 이르기까지 다양한 형태로 존재한다. 이러한 화학물질의 사용은 산업혁명 이후 현재까지 꾸준히 증가되어 왔다. 현재 전 세계적으로 약 3,000만 여종의 신규 화학물질이 꾸준히 개발되어 시장에 생산되고 있으며 통계조사에 따르면 화학물질의 종류와 양은 앞으로도 증가 추세가 지속될 것으로 전망하였다(환경부, 2006). 약 10만 여종의 화학물질이 상업적으로 유통되고 있으며, 국내에는 약 45,000종의 화학물질이 유통되어 왔으며 매년 약 400종의 신규화학물질이 국내시장에 진입하고 있는 것으로 알려져 있다(GHS 합동위원회, 2006). CAS(Cheical Abstracts Service; A division of the American Chemical Society)에 따르면 2007년 10월 현재 전 세계적으로 상업적으로 유통되면서 규제되고 있는 화학물질(Regulated Chemicals)은 약 246,000종 이상이다(CAS, 2008). 국내 화학산업은 다른 분야에 비해 빠르게 성장하여 국내 제조업 생산액의 14%, 고용의 9%를 차지하고 있고, 특히 석유화학산업은 에틸렌 생산 규모가 세계 3위에 이르는 등 국제적으로도 큰 비중을 차지하고 있다(환경부, 2007). 따라서 경제발전에 있어 화학물질의 기여도는 매우 높다. 국내경제 뿐만 아니라 인류의 생명 연장, 식량의 획기적인 증산, 풍족한 의복 생활을 통하여 인류복지를 증진시키고 생활수준을 개선하는데 많은 기여하였다는 점에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다(피영규, 2011). 이와 같이 화학물

질은 여러 가지 사용상의 이점에도 불구하고 그 유해·위험성으로 인하여 각종 직업병과 안전사고의 발생 및 환경오염으로 인체의 건강과 환경을 해치는 주원인으로 지목되고 있다(이권섭 등, 2008).

국내 화학물질 유통량 조사 자료에 따르면 제조 및 사용량에서 현재 약 4억 1,700만톤으로 작년과 비교 시 약 2.4배 정도 증가하고 있는 추세이며, 그에 따른 건강상 영향도 다양해진다. 화학물질에 가장 주 노출 피해자는 작업장내 화학물질 취급 근로자이다. 국내 작업장에서는 매년 약 400여건의 중독 및 질식 등 유해화학물질로 인한 관련 사고들이 빈번히 발생되고 있으며, 약 30여명의 사망자가 발생됨에 따라 그 추세가 가파르게 진행되고 있다. 1992년부터 1999년까지 직업병으로 심의 의뢰된 사례의 유해인자별 분포를 조사한 결과 화학적 유해인자가 279건(73.6%)으로 가장 많았다. 또한 1992년부터 2001년까지 직업병 심의 건의 유해요인 분포에서도 화학적 인자가 전체 616건 가운데 348건(56.5%)로 가장 많아 전체 직업병 발생 유해인자 가운데 화학적 인자가 차지하는 비중이 높다고 보고하였다(강성규, 2002). 2013년 여수 산업단지내 화학물질로 인한 폭발사고를 비롯해 2011년 국내 산업재해 중 폭발사고로 인해 전체의 2.64%(25명)가 재해를 당했다. 이중 18명이 제조업 종사자로 나타났으며, 유해화학물질로 인한 중독 및 질식사고 역시 27명으로 전체 2.85%를 차지한다는 보고가 있다. 2014년 산업재해 발생현황을 보면 총 재해자수가 90,909명으로 2013년(91,824명)보다 다소 감소하였으며, 이 중 사고 재해자수는 83,231명으로 전년 동기 대비 966명(1.1 %) 감소하였으나 질병 재해자수는 7,678명으로 전년 동기 대비 51명(0.7 %) 증가된 것으로 나타났다(고용노동부, 2014). 사망 및 재해자의 경우 사망자 수는 1,850명으로 전년 동기 대비 4.1 % 감소하였으며, 이 중 사고 사망자수는 992명으로 전년 동기 대비 9 % 감소하였고 질병 사망자수는 2.3 % 증가하였다(고용노동부, 2014). 2015년 안전보건공단 연구결과에 따르면 유기용제와 특정 화학물질에 의한 질병자 및 사망자수도 증가하는 것으로 나타났다(안전보건공단, 2015).

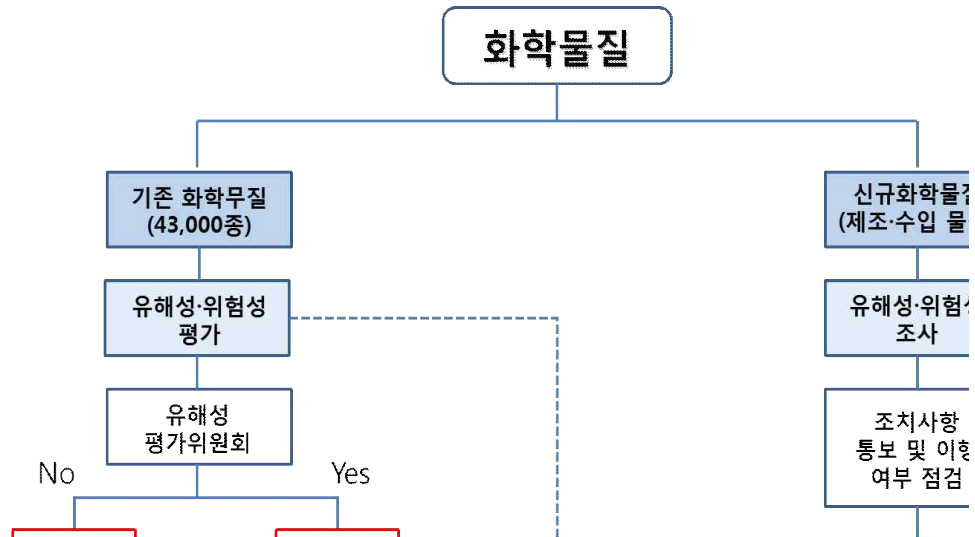
국내 화학물질로 인해 사고가 지속적으로 발생하고 있으며 대표적인 사건으로는 1980년 원진레이온의 이황화탄소 중독 사고부터, 1995년 국내 모전자회사의 2-브로모프로판에 의한 생식 기능 장애 사건, 1996년 DMF 사용 근로자의 급성독성 간염, 2005년 노말렉산에 의한 말초신경계 손상, 그리고 2006년 TCE에 의한 스티븐존슨 증후군, 2011년 가슴기의 오염방지를 위해 사용된 살균제로 인하여 산모 등이 원인 미상 폐질환으로 100명 넘게 사망한 사건, 2012년 구미에서 발생한 불산 가스 누출사건으로 인해 피해규모 177억원, 근로자가 5명이 사망하고, 18명이 부상이 있었다. 이에 대해 고용노동부는 화학물질 노출로 인한 근로자의 건강장해 예방을 위해 아래 <표 I-1>과 같은 11개 범조항에 근거하여 화학물질을 분류하고 관리하도록 하고 있다.

<표 I-1> 산업안전보건법상 화학물질 관리 조항

연번	근거조항	화학물질 분류
1	법 제24조	관리대상 유해물질
2	안전보건기준에 관한 규칙 제 420조	특별관리물질
3	법 제37조	제조 등 금지물질
4	법 제38조	제조 등 허가물질
6	법 제39조	노출기준 설정대상 유해인자
7	법 제39조의2	허용기준 설정대상 유해물질
8	법 제41조	물질안전보건자료 및 경고표시 대상 유해인자
9	법 제42조	작업환경측정대상 유해인자
10	법 제43조	특수건강진단대상 유해인자
11	법 제44조	건강관리수첩

산업안전보건법 제39조(유해인자 관리 등) 및 시행규칙 제81조(유해인자의 분류·관리)에서는 제조 등 금지물질, 제조 등 허가물질, 노출기준 설정 대상 유해인자, 허용기준 설정 대상 유해인자, 작업환경측정 대상 유해인자, 관리대상 유해물질로 분류하고 있다. 그 밖에 10개 조항에서는 집행, 관리를 위한 세부 규정을 정하는 조항이다.

작업환경측정 대상 물질 190종, 관리대상 유해물질 171종, 허용기준 유지물질 13종, 특별관리물질 36종, 허가물질 12종으로 관리되고 있다. 이러한 화학물질의 관리수준 분류는 산업안전보건법 제39조 제1항부터 제4항, 시행규칙 제81조부터 제81조의 3까지의 규정, 고용노동부 예규 제 125호에 근거한 유해·위험성 평가를 실시하여 유해성이 관찰될 경우 유해성 평가 위원회에서 결정하게 된다. 이후 사회성·경제성 평가 및 관리 필요성에 대해 판단 후 법적 관리방안을 검토한다. 허용기준설정 대상 유해인자의 경우, 유해인자의 허용기준 준수를 위하여 산업안전보건법 제39조의2에 따라 사업주는 발암성 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자로서 대통령령으로 정하는 유해인자는 작업장 내의 그 노출농도를 고용노동부령으로 정하는 허용기준 이하로 유지하도록 되어있다. 현재의 허용기준 설정물질은 2006년 ‘작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준 수준에 관한 연구’에서 허가대상물질 13종, 발암성 표시물질 9종, 직업병 발생 및 발생 우려물질 10종, 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA) 관리물질 28종, 그리고 미국 산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)의 발암등급 A1 물질 30종을 대상으로 하여 허용기준 설정 대상 물질을 제안한 것을 바탕으로 하여 설정되었다. 그 후, 2008년, 산업안전보건법 시행규칙 제81조의4 관련 별표11의3의 13종의 허용기준 설정 대상 유해인자가 공표되었으며, 2009년 1월 1일부터 허용기준 설정 제도가 시행되었다.



[그림 1 - 1] 관리수준에 따른 화학물질 분류체계

하지만, 제도의 시행 이후 화학물질로 인한 재해는 계속해서 발생하고 있음에도 불구하고, 현재 2015년까지, 허용기준 설정 대상 유해인자에 대한 추가적인 연구가 이루어진 적이 없어 이에 대한 연구 및 개정의 필요성이 제기되고 있다.

2005년 10월 노동부는 작업환경측정 혁신(안)의 일환으로 국내에서 발암성 물질이나 직업병자 다수 발생 등으로 사회적 물의를 일으킨 물질에 대해서는 특별관리 대상으로 지정하고 노출기준을 허용기준화 하여 사업주가 허용기준 미만의 작업환경을 항시 유지하여야 함을 법적으로 강제화 하였다. 당시 관리 대상물질 168종의 유해인자 중 발암성이 있거나 국내에서 다수의 직업병자 발생시키는 등 특별히 관리가 필요시 되는 물질에 대해서는 특별관리 물질로 별도 선정필요성이 있다고 판단하였다. 이는 미국의 법적 허용기준(PEL)의 개념에 따라 특별관리 물질을 제조, 취급 또는 사용하는 사업주는 해당 작업장을 허용기준이하로 항시 유지하여야 함을 의무화하고 있는 것과 유사한 개념이다.

<표 1-2> 2005년 국내 직업병 및 사회적 물의 발생 물질

연번	물질명	발생년도	증상
1	이황화탄소	1987	중추신경 및 말초신경마비
2	2-브로모프로판	1995	생식독성, 폐암
3	망간	1997	파킨스씨병, 중추신경계장애
4	석면	1996	중피종, 폐암
5	벤지딘염료	1996	방광암
6	유리규산	1993	신부전증, 급성사구체신염
7	복합유기용제	1998	사구체질환, 신장질환
8	아크릴아미드	1997	말초신경염 사망
9	메틸브로마이드	2000	중추신경계 및 말초신경계 마비
10	아세트니트릴	1994	중추신경계마비
11	노르말렉산	2005	다발성신경장애
12	트리클로로에틸렌	2006	스티븐스존스증후군
13	DMF	1995/2006	간염, 간경화사망/간독성
14	니켈	2000	호산구성 폐렴
15	연	매년 발생	납중독
16	크롬	매년 발생	천식, 폐암, 비중격천공, 부비동염
17	수은	매년 발생	수은 중독
18	TDI/MDI 등 이소시아네이트 류	2000	기관지 천식
19	PAHs	1999	폐암

2006년 “작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준수준에 관한 연구”를 통해 발암성 물질, 직업병 유발 물질, 사회적 물의 발생 물질 등 유해화학물질을 대상으로 특별관리를 위한 허용기준 설정 및 근거에 대하여 연구를 실시하였다(노영만 등, 2006). 해당 연구를 통해 현재 산업안전보건법 제 39조 제2항에 허용기준 설정대상 제도가 2009년 1월 1일 처음 도입되었다. 최초 설정물질은 석면, 포름알데히드, 벤젠, 카드뮴, 이황화탄소, 납, 트리클로로에틸렌, 6가 크롬 수용성 무기화합물, 6가 크롬 불용성 무기화합물, 디메틸포름아미드, 니켈(불용성 무기화합물), 노말렉산, 2-브로모프로판 이었다. 이후 6가 크롬 수용성 무기화합물, 6가 크롬 불용성 무기화합물을 통합하여 6가 크롬 화합물로서 개정 되었으며, 대신 톨루엔-2,4-다이소시아네이트가 추가로 설정되어 현재까지 동일한 물질로 관리되어지고 있다.

<표 | -3> 현 허용기준 설정대상 유해물질(산안법 제39조의2)

유해인자		허용기준			
		시간가중평균값(TWA)		단시간 노출값(STEL)	
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
1. 납 및 그 무기화합물			0.05		
2. 니켈(불용성 무기화합물)			0.2		
3. 디메틸포름아미드		10			
4. 벤젠		0.5		2.5	
5. 2-브로모프로판		1			
6. 석면			0.1개/cm ³		
7. 6가크롬 화합물	불용성		0.01		
	수용성		0.05		
8. 이황화탄소		1			
9. 카드뮴 및 그 화합물			0.01 (호흡성 분진인 경우 0.002)		
10. 톨루엔-2,4-디이소시아네이트 톨루엔-2,6-디이소시아네이트		0.005		0.02	
11. 트리클로로에틸렌		10		25	
12. 포름알데히드		0.3			
13. 노말헥산		50			

허용기준 설정 대상 유해인자의 경우에도, 산업안전보건법 상의 정의와 안전보건공단에서 발표한 2016년 화학물질의 유해성·위험성 평가지침(KOSHA GUIDE W-6-2016)의 정의 간에 상이한 부분이 있어 허용기준 설정 대상 유해인자에 대한 명확한 정의가 필요함을 보여준다. 안전보건공단의 2016년 화학물질의 유해성·위험성 평가지침(KOSHA GUIDE W-6-2016)은 산업안전보건법 제39조(유해인자의 관리 등) 및 고용노동부 예규 제 125호(화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정)에 의거하여 화학물질의 유해성, 위험성 평가를 위한 후보물질의 선정, 평가절차 및 방법, 평가결과 적용 등에 관한 지침으로써, 산업안전보건법 상 화학물질의 법적 관리수준의 분류 근거를 제공하는 데에 목적이 있다.

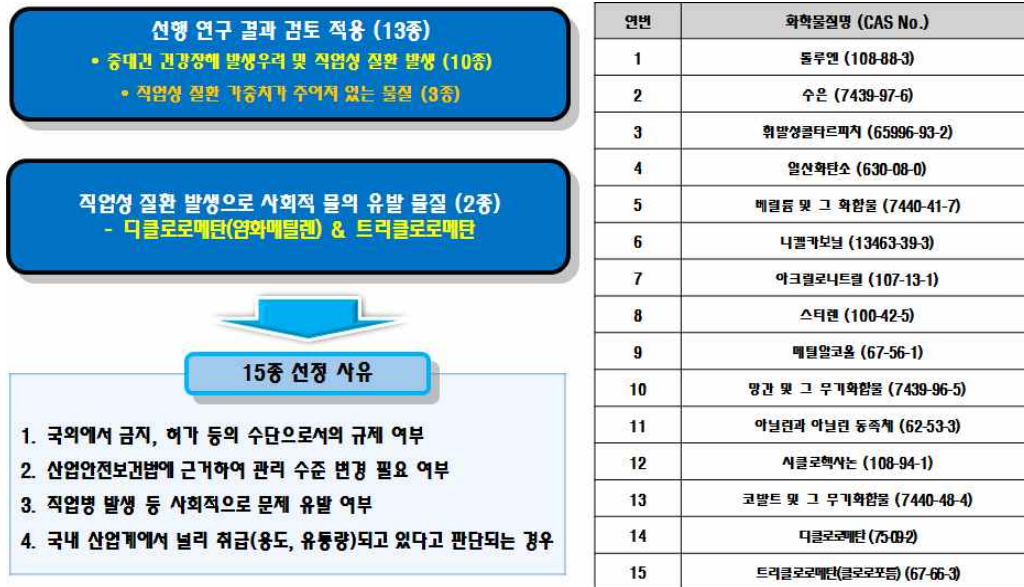
이 지침에서 제시하는 화학물질의 관리수준에 따른 분류 기준은 <표 4>과 같다. 안전보건공단의 지침에 따른 허용기준설정대상 유해인자의 분류기준은 유해성이 확인, 위험성이 결정되며, 국내에서 직업병이 발생되었거나 발생할 우려가 있는 물질로 사회·경제성 평가 결과 허용기준설정의 필요가 있는지의 여부와 측정 및 분석방법이 존재하고 평가 결과의 해석이 가능한 국내·외 허용기준 참고값이나 참고자료가 존재하는지의 여부이다.

최근 국외 산업보건 선진국에서는 유해성 평가에 근거한 유해화학물질의 규제수준 및 관리수준에 대해 재검토가 이루어지고 있는 추세이며, ACGIH의 경우 매년 새로운 화학물질의 기준 추가 및 변경에 대해 TLV booklet(TLVs for Chemical Substances and Physical Agents and BEIs) 형식으로 제안하고 있다.

국내에서도 노출기준 물질의 설정 및 변경에 대해서는 많은 연구가 수행되어 왔지만 반면에 허용기준 물질의 경우 2006년 허용기준 도입 관련 연구 수행 이후 실적이 미진하다.

현재까지 수행된 허용기준 연구를 살펴보면 2014년 “허용기준 기 설정 대상 유해인자의 허용기준 개정을 위한 유해·위험성 평가 및 사회·경제성 평가”를

통해 13종 중 7종에 대한 새로운 허용기준치가(니켈: 0.2 mg/m³(TWA); 벤젠: 0.5 ppm(TWA), 2.5 ppm(STEL); 포름알데히드 0.3 ppm(C); 이황화탄소 1 ppm(TWA); 카드뮴 및 그 화합물 0.01 mg/m³(TWA); 트리클로로에틸렌 10 ppm(TWA), 50 ppm(STEL); 톨루엔 디이소시아네이트(혼합물) 0.005 ppm(TWA), 0.04 ppm(STEL)) 제안되었다. 2015년의 경우 “허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구” 등이 수행되어 취급 근로자에게 건강장해를 유발할 수 있는 화학물질을 허용기준 설정물질로서 추가 확대하는 선정방안에 대해 검토 후 허용기준 설정대상 확대 후보물질로서 71종을 선정하였다. 71종 물질 중 중대한 건강장해 및 직업적 질환 발생 또는 발생 우려가 있는 화학물질 13종(톨루엔, 수은, 휘발성콜타르피치, 일산화탄소, 베릴륨 및 그 화합물, 니켈카보닐, 아크릴로니트릴, 스티렌, 망간 및 그 화합물, 아닐린과 아닐린 동족체, 시클로헥사논, 코발트 및 그 무기화합물, 메틸알코올)과 최근 사회적 물의가 발생한 2종(디클로로메탄, 트리클로로메탄)을 우선적으로 1차 허용기준 후보물질 대상으로 제안하였다.



[그림 1-2] 연구 대상물질 선정 절차

산업안전보건법 상에서는 허용기준 설정 대상 유해인자를 위에서 언급한 바와 같이 ‘발암성 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자로서 대통령령으로 정하는 유해인자’로 정의하고 있다. 하지만 안전보건공단의 화학물질의 유해성·위험성 평가지침(KOSHA GUIDE W-6-2016 개정안)에서는 ‘유해성이 확인, 위험성이 결정되며, 국내에서 직업병이 발생되었거나 발생할 우려가 있는 물질로 사회·경제성평가 결과 허용기준설정의 필요성이 인정되는 유해인자이자 측정 및 분석방법이 존재하고 평가 결과의 해석이 가능한 국내·외 허용기준 참고값이나 참고자료가 존재하는 유해인자’라고 정의된다. 평가지침 상에만 직업병과 관련된 문구가 들어가 있기 때문에 혼란의 여지가 있으며, 그 선정 기준 등이 명확하게 규정되어있지 않기 때문에 선정 및 관리에 어려움을 갖는다.

<표 | -4> 산업안전보건법상 화학물질 관리수준에 따른 분류 기준

(KOSHA GUIDE W-6-2016 개정안)

관리수준	분류·관리 수준의 검토기준
금지물질	- 발암성·생식독성·생식세포변이원성 1등급으로 그 유해성이 확인, 위험성이 결정되며, 사회·경제성평가 결과 산업안전보건법상 동 화학물질의 취급금지가 인정되는 화학물질 또는 화학물질을 취급하는 업무 - 동 화학물질에 대한 대체가능물질이 존재하고, 동 화학물질 대체의 산업계 미치는 영향이 거의 없는 것으로 인정되는 화학물질
허가물질	- 발암성·생식독성·생식세포변이원성 1등급으로 그 유해성이 확인, 위험성이 결정되며, 사회·경제성평가 결과 산업안전보건법상 동 화학물질의 취급허가를 받을 필요성이 인정되는 화학물질 또는 화학물질을 취급하는 업무
허용기준 설정대상 유해인자	- 유해성이 확인, 위험성이 결정되며, 국내에서 직업병이 발생되었거나 발생할 우려가 있는 물질로 사회·경제성평가 결과 허용기준설정의 필요성이 인정되는 유해인자 - 측정 및 분석방법이 존재하고 평가 결과의 해석이 가능한 국내·외 허용기준 참고값이나 참고자료가 존재하는 유해인자
작업환경 측정대상 유해인자	- 유해성이 확인, 위험성이 결정되며, 사회·경제성평가 결과 작업환경 측정의 필요성이 인정되는 유해인자 - 관리를 위한 측정 및 분석방법이 존재하고, 동 분석에 필요한 인력·시설 및 장비를 갖춘 국내 작업환경측정기관이 존재하는 유해인자
관리대상 유해물질	- 유해성이 확인, 위험성이 결정되며, 사회·경제성평가 결과 산업안전보건법상 관리의 필요성이 인정되는 화학물질 - 작업환경측정, 국소배기장치의 성능, 발암성의 표시 등 적절한 관리의 수단이 존재하는 화학물질
특별관리 물질	- 발암성 또는 생식세포변이원성 또는 생식독성 1A 또는 1B에 해당되며, 사회·경제성평가 결과 특별관리물질 지정이 인정되는 물질
노출기준 설정대상 유해인자	- 유해성이 확인, 위험성이 결정되며, 사회·경제성평가 결과 노출기준 설정 또는 노출기준 개정이 필요성이 인정되는 유해인자 - 측정 및 분석방법이 존재하고 평가 결과의 해석이 가능한 국내외 노출기준 참고값이나 참고자료가 존재하는 유해인자

‘사회성·경제성 평가’란 유해성·위험성이 상당하여 관리가 필요하다고 판단되는 화학물질에 대하여 규제에 따른 사회적·경제적 비용과 편익에 대한 타당성·적합성을 조사·분석하는 일련의 과정을 의미하며, 사회성·경제성 평가는 대상 화학물질의 관리 수준의 변경 시, 사회·경제적으로 타당한 합리적인 관리수준 인가를 평가하고 관리수준 변경에 따른 영향을 평가함으로써, 정부의 규제수준에 따른 영향을 분석하는 단계이다. 즉, 사회성·경제성 평가는 대상 화학물질의 관리수준 변경에 따른 사업장에 미치는 추가적인 부담과 비용, 직업병 감소 등에 따른 사회·경제적 편익, 비용과 편익의 비교를 통한 규제의 타당성 및 적합성 등을 고려하여 평가하는 중요한 단계라고 할 수 있다. 따라서 유해성·위험성 평가 등을 통해 대상 화학물질의 산업보건법상 관리기준의 상향조정이 필요할 경우 사회성·경제성 평가를 통해 비용-편익 면에서의 가능성을 검토하는 것이다.

산업안전보건법 제39조제1항(유해인자의 분류기준)에서는 화학물질의 건강유해성에 따라 발암성 물질, 생식세포 변이원성 물질, 생식독성 물질, 특정 표적 장기 독성 물질, 특정 표적장기 독성 물질 등과 같이 특성에 따라 12가지로 분류하고 있다. 이러한 화학물질 유해성에 따라 건강영향도 다르게 나타난다. 산업안전보건법 제39조(유해인자의 관리 등) 및 시행규칙 제81조 내지 제81조의3으로 고용노동부장관은 유해위험성평가 등의 결과에 따라 금지물질, 허가물질, 관리 대상물질, 작업환경측정대상 유해인자, 노출기준 설정대상 유해인자를 선정하는 것이다. 고용노동부령(시행규칙 81조의3, 유해성·위험성 평가대상 선정 기준 등)을 근거로 근로자가 유해물질에 노출 시 변이원성, 흡입독성, 생식독성, 발암성 등의 건강장해 발생이 의심되는 유해인자 등에 대하여 산업체 노출평가 및 사회·경제성 평가가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 선행연구에서 수행된 허용기준 설정대상 유해인자 선정기준안을 적용하여 산안법상 관리 수준 변경이 필요한 화학물질을 대상으로 유해성·위험성 평가, 사회성·경제성 평가 실시 및 기존의 작업환경측정 결과의

분석 등을 통해 산안법상 관리 수준을 변경(허용기준 설정 대상 유해인자 선정)의 적정성 검토를 통해 허용기준 설정 대상 유해인자를 추가 지정함으로써 근로자의 직업병 예방에 기여에 활용하고자 한다.

2. 관련 선행 연구에 대한 내용 분석

1) 작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준 수준에 관한 연구 (2006년 8월)

(1) 연구목적

본 연구의 목적은 노동부고시 제 2002-8호에 의거 698종의 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준과는 별도로 발암성 물질, 직업병 다수 유발 물질 등에 대한 특별관리를 위한 허용농도 설정 및 설정근거 제시하는데 있다.

(2) 연구결과

허용기준의 수준에 대하여는 첫째로 기존의 노출기준 수준을 유지하면서 노출기준 목록에서 허용기준물질로 전환하여 특별관리대상물질로 관리하는 방안이 있고, 둘째로 본 연구에서 선정된 물질에 대하여 노출기준 수준 및 목록은 그대로 유지하면서 선정된 물질을 특별관리대상 물질화 하여 관리적 측면에서 허용기준화 하는 방안이 도입될 수 있을 것으로 판단되며 제조금지, 허가, 보건규칙의 관리대상물질등과 같은 축으로 설정될 필요성이 있다.

2) 화학물질 노출기준 제·개정(안) 연구 및 물질별 산업보건편람 작성(Ⅱ) : 이황화탄소 (2008년 11월)

(1) 연구목적

현재 우리나라의 이황화탄소(Carbondisulfide , CS₂)에 대한 노출기준은 1978년 미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists , ACGIH) 에서 제안한 8 시간 시간가중노출기준 (TLV

- TWA) 인 10 ppm을 권고하고 있다. 특히 2009 년 1 월 1 일부터 시행 예정인 허용기준에서 이황화탄소의 허용기준을 1 0 ppm 으로 입법 예고하고 있어 이에 대한 재검토가 필요하다. 따라서 선진외국의 노출자료 검토와 작업환경측정을 통하여 노출실태를 파악하고, 노출원, 노출인원, 사용실태 등을 파악하여 국내 실정에 맞는 노출기준 개정(안)을 마련하고 근로자들의 건강보호에 필요한 기초 자료를 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

(2) 연구결과

ACGIH 가 2006 년에 TLV - TWA 로 개정 권고한 1ppm 의 수준은 일부 문헌에서 1 - 3ppm의 노출농도가 신경학적 장애를 유발한다고 단정하기는 어렵다고 하여 불확실성이 포함되어 있는 수준이다. 이황화탄소는 현재 국내에서 10 ppm 으로 허용기준이 설정되어 있으며 미국과 독일의 허용기준인 20ppm, 5ppm과 비교할 때 중간 정도의 수준이다. 따라서 ACGIH 의 1ppm을 현재 수용하기는 다소 무리가 따른다. 따라서 흰쥐 대상의 아만성 흡입독성 실험에서 제시한 신경학적 L O E L 을 이용하여 호흡독성 참고치(RfC) 를 구한 후 국내 근로자들의 노출시간과 노출빈도를 적용하여 노출기준을 간접적으로 추정한 5.81ppm을 근거로 현재의 노출기준 10ppm보다는 엄격한 5ppm 을 권고하는 것이 타당하다.

3) 화학물질 노출기준 제·개정 연구(트리클로로에틸렌)(2006년 5월)

(1) 연구목적

화학물질에 의한 근로자의 건강장해를 예방하기 위한 것으로서 우리나라에서 사용하고 있는 트리클로로에틸렌(trichloroethylene; TCE; CAS No. 79-01-6)에 대한 광범위한 국내·외의 문헌검색과 사용실태 및 국내 작업장 근로자의 노출 실태파악 등을 통하여 그 노출기준의 적정성을 검토함으로써 필요한 경우 노출 기준을 개정하는 근거(안)를 제공하고 예방지침을 작성하여 근로자 건강장해 예방에 기여하고자 함

(2) 연구결과

※ 노출기준 개정(제정)안

8시간 시간가중평균(TWA) : 50ppm(270mg/m³)

단시간 노출기준(STEL) : 100ppm(540mg/m³)

생물학적 노출지표(BEI) :

요중 삼염화초산, 주 후반의 작업종료전 2시간이내, 100mg/g 크레아티닌

요중 총삼염화물, 주 후반의 작업종료전 2시간이내, 300mg/g 크레아티닌

4) 영국의 화학물질 노출기준에 관한 연구 (2012년 12월)

(1) 연구목적

우리나라에서는 영국의 작업장 노출기준(Workplace exposure limits, WELs)에 대해 잘알려져 있지 않다. 본 연구의 목적은 영국의 화학물질의 작업장 노출기준인WEL, COSHH의 이해와 우리나라 노출기준과WEL의 비교를 통해 우리나라의 정책 및 제도개선에 활용할 점을 파악하는 것이다.

(2) 연구결과

영국에는 있지만 우리나라에는 아직 TWA 노출기준이 물질의 수는 60여개이고, STEL노출기준의 경우는 120여종이었다. 영국의 TWA-WEL이 한국 TWA 노출기준 보다 더 엄격한 물질은 약60여종 이고 한국노출기준이 더 엄격한 물질은 30여종이었다. 우리나라에 노출기준이 없는 물질과 우리나라 노출기준이 높은물질에 대한 우선적인 리뷰가 필요 하다고 판단된다.

5) 허용기준 제정물질의 작업환경측정 및 분석에 관한 비교: 6가 크롬, 포름알데히드, TDI (2009년)

(1) 연구목적

- 6가 크롬

연구에서 기존의 6가 크롬 분석방법을 비교평가하여 가장 적절한 6가크롬의 분석방법을 제시하고 추가적으로 수용성과 불용성에 따른 측정 및 분석방법을 제시하고자 한다.

- 포름알데히드

포름알데히드에 대한 작업환경측정방법으로 현재관련 고시에서 제시하고 있는 자외선검출기가 장착된 고성능 액체크로마토그래피법(HPLC-UVD)이외에 질소인검출기가 장착된 가스크로마토그래피법(GC/NPD)도 타당한지 여부를 규명하는 것이 주요 연구목적이다.

- TDI

비교대상 측정 및 분석법은 NIOSH Method 5522인 임핀저450 $\mu\text{g/mL}$ tryptamine/DMSO; 20 mL) 방법이다. 두 방법을 대상으로 허용기준평에 적합한 측정 및 분석방법을 제안하는 것이다.

(2) 연구결과

- 6가 크롬

표준 작업환경측정방법은 일반적인 작업환경측정기관을 대상으로 한 것이 아니라 노동부 근로감독관 혹은 한국산업안전보건공단에서 작업장내의 6가 크롬 화합물의 허용기준산업안전보건법제9조의2) 초과여부를 확인하기 위해 적용한다. 따라서 공기중 농도 평가를 하는데 있어 가장성능이 좋은 것으로 나타난 IC-VD를 이용한 측정 및 분석방법을 표준 작업환경 측정방법으로 제안한다.

- 포름알데히드

8시간 시간가중평균 허용기준0.5 ppm)의 0.1배이하의 수준에서도 포름알데히드를 측정가능한 수준으로 허용기준 초과여부를 판단하는데 전혀 문제가 없음을 알 수 있다. 또한 단시간노출기준1 ppm)를 평가하는데도 문제가 없다는 것을 확인할 수 있었다.

포름알데히드를 분석하는데 사용한 GC-NPD 분석방법과 HPLC-UVD 분석방법은 모두 정확도 측면에서 NIOSH의 가이드라인을 충분히 만족시키는 수준임을 확인할 수 있었다. HPLC-UVD 방법 역시 우수한 재현성 정밀도를 보여주었다.

- TDI

결론적으로 스프레이 도장공정측정시 필터법 작업환경측정 및 정도관리규정 별표) 측정정보는 임편저법(NIOSH Method 5522) 측정결과가 높게 검출되었다. 그러나 노동부의허용기준은 개인노출을 가정하에 설정되어 있으므로 근로자가 작업하는 시간동안 개인시료로 채취하여 평가해야한다. 따라서 개인시료채취가 어려운 임편저법보다는 현행“작업환경측정 및 정도관리규정” 별표에서 제시하는 필터법을 표준 작업환경 측정방법으로 활용하는 것이 바람직하다. 또한, 허용기준 초과여부 판정을 위한 SAE 적용도기준의 방법을 유지하면 된다.

6) 허용기준 기 설정 대상 유해인자의 허용기준 개정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구 (2014년 11월)

(1) 연구목적

본 연구는 화학물질 평가 실무위원회(공단연구원)에서 허용기준이 설정되어 있는 유해인자 13종(2008년에 개정) 중 허용기준의 강화가 필요한 6종(니켈[불용성화합물], 벤젠, 이황화탄소, 카드뮴 및 그 화합물, 트리클로로에틸렌, 포름알데히드)과 본 연구진에서 허용기준 13종을 대상으로 고찰한 결과 추가로 선정된 TDI를 선정하여 총 7종의 화학물질에 대하여 유해성·위험성 평가를 실시함과 동시에 허용기준 강화로 인해 예상되는 산업재해예방 효과 및 사업장에서 발생하는 경제적 부담 등 사회성·경제성 평가를 수행하여 이를 근거로 허용기준 개정안을 제시하는 데 첫 번째 목적이 있다. 두 번째 목적은 기존 허용기준 설정 유해인자 13종 외 본 연구진에서 제안한 허용기준 설정 근거 및 절차에 따라 허용기준 설정 가능 후보 물질을 선정하는 것이다. 마지막으로 유해성/위험성 평가 자료 및 국내/외 노출 재해 사례에 근거하여 TMAH의 노출기준 설정 필요성을 검토하고 RfCworker 산출 결과값에 근거하여 본 물질의 노출기준을 제안하는데 세 번째 목적이 있다.

(2) 연구결과

허용기준 이하 설정 대상 물질 중 화학물질 평가 실무위원회(공단)에서 선정한 6가지 물질(니켈[불용성무기화합물], 벤젠, 이황화탄소, 카드뮴 및 그 화합물, 트리클로로에틸렌, 포름알데히드, 톨루엔 디 이소시아네이트)과 본 연구진이 검토 및 고찰 결과 추가로 선정한 TDI를 포함한 총 7가지 물질, 그리고 국내·외 노출사고로 산업재해를 유발하는 TMAH를 대상으로 하였다.

국의 노출 기준치 및 설정 방법을 검토하여 ACHIH TLV document 형식으로 제시하였으며, GHS/MSDS 분류체계에 근거하여 물리적·화학적 특성자료,

급성 독성, 생식세포 변이원성, 발암성, 생식독성, 특정표적장기 독성(1회 노출), 특정표적장기 독성(반복 노출), 흡인 유해성항목 등의 자료를 수집하였다. DB 자료에 근거하여 7가지 물질에 대해 RfCworker을 산출한 결과, 이황화탄소의 경우 $3.7\text{mg}/\text{m}^3$, TDI $0.002\text{mg}/\text{m}^3$, 벤젠 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$, TCE $0.1\text{mg}/\text{m}^3$, 포름알데히드 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$, 니켈 $0.002\text{mg}/\text{m}^3$, 카드뮴 및 그 화합물 $0.0002\text{mg}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 또한 본 물질들에 대한 지난 10년간의 국내 작업환경측정 결과를 분석하여 기존 허용기준과 변경하고자 하는 기준에 대해 초과율 분석을 동시에 실시하였고, 최종적으로 허용기준 변경에 따른 사회/경제성 분석을 수행하여 니켈 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$, 벤젠 0.5 ppm, 포름알데히드 0.3 ppm, 이황화탄소 1 ppm, 카드뮴 및 그 화합물 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$, 트리클로로에틸렌 10 ppm, TDI(혼합물) 0.005 ppm으로 개정안을 제시하였다. 허용기준 설정 가능 후보 물질 선정의 경우 기존 허용기준 설정 물질 관련 선행 연구 결과 및 관계 법령을 고찰하였고, 이를 토대로 허용기준 설정 물질 근거(노출기준 설정 물질, 유해/위험성 정보, 직업병 발생 건수, 사회적 이슈, 취급 사업장 및 근로자 수 등)를 기반으로 설정 절차를 제시한 후 최종적으로 베릴륨 및 그 화합물, 브롬화 메틸, 아크릴아미드, 산화 규소(결정체), 코발트(금속 분진 및 흡), 톨루엔, 톨루엔-2,6-다이소시아네이트, 스티렌의 8가지 물질을 추가 허용기준 후보 대상으로 선정하였다. TMAH의 경우 국내/외 사고 사례 조사, 유해/위험성 검토, 국내 취급 현황을 파악하였다. 또한 TMAH에 대한 RfCworker을 산출한 결과 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$, $0.2\text{mg}/\text{m}^3$, $2\text{mg}/\text{m}^3$ 나타났으며, 독성값이 유사한 산류(염산, 불산) 물질 및 주요 알칼리 물질의 노출기준을 고려하여 최종 제정안으로 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 을 제안하였다.

7) 허용기준 설정 물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구(2015년 11월)

(1) 연구목적

허용기준 설정대상 유해인자는 산업안전보건법 제39조의2에 의해 발암성 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자로 정의되고 있으며, 해당 유해인자는 작업장 내의 노출농도를 허용기준 이하로 유지하여야 한다. 고용노동부의 산업재해현황 분석결과에 따르면 2014년 유기용제와 특정 화학물질에 의한 질병자의 증가율이 100 %와 56 %로 높게 나타났으며, 사망자도 전년 동기 대비 증가하였다. 이와 같이 화학물질로 인한 재해가 계속해서 발생하는 가운데, 허용기준 설정 제도는 2009년 1월 시행 이후 추가적인 연구가 거의 이루어지지 않아 이에 대한 연구와 개정의 필요성이 제기되고 있다. 또한 현재 관리수준에 따른 화학물질의 관리범위가 명확하게 규정되어 있지 않고 산업안전보건법 상 정의와 한국산업안전보건공단의 KOSHA GUIDE 상 정의가 일치하지 않는 문제로 인해 이에 대한 보완도 필요하다. 이에 본 연구에서는 산업안전보건법령의 허용기준설정 제도의 타당성과 확대 필요성을 제시하고 규제 대상 확대를 위한 허용기준설정 유해인자의 선정 기준을 마련하고자 하였다.

(2) 연구결과

- 허용기준 설정 도입에 대한 비용편익 분석에서, 시간이 지날수록 허용기준 설정에 대한 편익이 비용보다 더 커지는 것으로 나타났다. 또한, 작업환경측정 결과를 허용기준 설정 도입 전, 후로 비교했을 때, 도입 후에 유해인자에 대한 노출 수준이 감소하였다.

- 작업환경측정물질 214종의 건강위해성 우선순위 중 허용기준 설정 유해인자 13종(화합물 포함 20종)의 위험성 수준을 파악하였다. 20종 중 15종은 중대한 건강장해 제1그룹에, 2종은 제2그룹에 있었고, 3종은 상당한 건강장해 제1그룹의 위험성 수준을 가지고 있다.

- 허용기준 설정 유해인자 도입의 효과가 있는 것으로 확인되고, 위험성 측면에서 봤을 때 기존 13종 외에 더 큰 위험성을 갖는 유해인자가 다수 확인되어 허용기준 설정 유해인자의 확대 필요성이 제기된다.

- 허용기준 설정 유해인자에 대해 ‘발암성 또는 생식독성 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발하거나 직업병 발생 또는 발생할 우려가 있는 유해인자’로 정의하는 것을 제안하는 바이다. 이에 따라 71종의 확대 후보물질을 제시하였다.

8) 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 산업체 노출실태 평가 연구 (2016년 10월)

(1) 연구목적

노출기준 설정 물질의 제·개정에 대한 연구는 지금까지 상당 부분 수행된 반면, 허용기준 설정 물질의 경우 2006년 허용기준 도입 관련 연구 수행 이후 검토 관련 연구가 상대적으로 미진한 상황이다.

현재까지 수행된 허용기준 연구를 살펴보면 “허용기준 기 설정 대상 유해인자의 허용기준 개정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가

(2014)”를 통해 13종 중 7종 에 대한 새로운 허용기준치가 제안되었다. 2015년의 경우 “허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구”를 통해 취급 근로자에게 건강장해를 유발할 수 있는 화학물질을 허용기준 설정물질로서 추가 확대하는 선정방안에 대해 검토하였고, 그 결과로 허용기준 설정대상 확대 후보 물질로서 71종을 선정하였다.

본 연구에서는 “허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구 (2015)”에서 허용기준 설정대상 확대 후보 물질로 선정한 75종 중 1차 후보 물질로 제안된 15종 화학물질을 대상으로 유해성·위험성 평가, 노출실태 조사, 기술적 타당성 평가를 통해 산업안전보건법상 관리수준 변경에 필요한 사회경제성 평가 대상물질 선정의 과학적 근거를 제공하고자 한다.

(2) 연구결과

○ 유해성·위험성 평가

유해성 확인은 국외 주요기관에서 발표한 유해성·위험성 평가 보고서에 근거하여 수행하였고, 추가적으로 TLV documentation을 고찰하여 실시하였다.

유해성 입증의 경우 국내외 직업병 진단사례 분석을 통해 실시하였다. 국내 직업병 진단사례 및 급성중독 발생사례 분석결과 직업병 진단사례는 톨루엔, 망간, 코발트 순으로, 급성중독의 경우 디클로로메탄, 메틸알코올, 톨루엔 수은, 트리클로로메탄 순으로 발생하는 것으로 조사되었다. 국외 직업병 사고사례 분석결과, 상위 3종은 일산화탄소, 아닐린과 아닐린동족체, 망간 및 그 무기화합물이며 하위 3종은 니켈카보닐, 시클로헥사논, 트리클로로메탄으로 분석되었다.

작업환경 측정결과에 근거하여 노출기준 초과율을 분석한 결과, 베릴륨 및 그 화합물이 가장 높았으며 니켈카보닐이 가장 낮은 것으로 분석되었다. Monte - Carlo Simulation 기법 적용시 망간 및 그 무기화합물이 가장 높았으며, 휘발성콜타르피치, 니켈카보닐, 베릴륨 및 그 화합물, 아닐린과 아닐린동족체, 시클로헥사논이 가장 낮게 조사되었다.

○ 국내 취급실태 분석

한국무역협회 자료를 검토한 결과, 수입량의 경우 전반적으로 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향이 관찰되었고, 반대로 수출량은 감소하는 경향이 나타났다. 환경부 화학물질통계조사 및 고용노동부 작업환경실태조사 자료 모두 평가대상 물질 모두 시간이 경과함에 따라 제조량, 사용량, 유통량이 증가하는 경향이 관찰되었다.

○ 국내외 노출기준 조사

15종 화학물질에 대한 국내와 국외 주요 국가의 노출기준들을 정리하였고, OSHA의 PEL에 대한 정보도 제시하였다. 동시에 GHS 분류 결과를 검토하여 연구대상 물질별로 비교하여 제시하였다(세부적인 연구결과는 본문 참조).

○ 작업환경 측정 및 분석방법 제시

15종 화학물질에 대한 작업환경 측정 및 분석방법은 NIOSH, OSHA, KOSHA GUIDE 순으로 개별 작성하여 비교 분석하였고, “작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시(제2016-39호)” 별표 2에 근거하여 측정 및 분석방법을 제안하였다.

○ 사회성·경제성 평가 대상 물질 선정 절차 제안

평가 항목들의 상호 조합에 따른 가중치 설정에 근거하여 사회성·경제성 평가 대상 물질 선정을 위한 절차 방법을 제안하였고, 본 프로세스에 따라 15종 물질에 대한 평가 우선 순위를 참고로 제시하였다.

9) 특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가 연구 (2014년 7월)

(1) 연구목적

▷ 본 연구의 목적은 선행연구 및 선진국 사례 등의 검토를 통하여 대상 화학물질의 특별관리물질 및 관리대상 유해물질로 선정과정에서 필요한 표준화된 사회성·경제성 평가방법을 제시하는 것임.

○ 이를 통해 표준화된 사회성·경제성 평가방법 개발을 통하여 일관된 방법론의 체계적인 적용이 가능해지며, 방법의 체계화를 통하여 적시성, 대응성, 책무성, 민주성 등의 정책적 필요에 부응할 수 있으며, 규제영향분석의 이론적·실무적 토대를 제공할 수 있음.

▷ 또한 화학물질 평가 실무위원회에서 선정한 28종의 화학물질에 대해서 본 연구를 통해 개발된 사회성·경제성 평가방법을 적용하여 산업안전보건법 상에서의 관리수준의 적정성을 검토하고자 함.

○ 사업주의 입장에서 대상물질의 관리수준의 변경과 관련하여 발생할 수 있는 부담(비용)들은 현재 적용받고 있는 규제수준과 사업장의 환경에 따라 다르게 산정될 수 있기 때문에, 이에 따라 시나리오를 구성하여 각 시나리오별로 비용을 평가 및 측정하고자 함.

○ 따라서 화학물질의 관리수준 변경에 따른 정확한 사업주의 부담수준을 파악하기 위해서 현재 28종의 화학물질이 적용받고 있는 규제수준과 사업장의 환경을 확인하는 작업을 선행하고자 함.

○ 특히 관리대상 유해물질을 취급하는 기존 업체들 중 어떤 성격의 업체들이 얼마만큼의 적용 제외나 설비 특례 조항을 적용받고 있었는지에 대한 발견 및 확인하는 조사를 실시할 것임.

▷ ‘화학물질의 분류 및 표시에 관한 세계 조화 시스템(Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals ; 이하 GHS로 표기)’은 동

일한 화학물질에 대해 국제적으로 동일한 유해·위험성 분류·표시를 하기 위한 새로운 규정임.

- GHS는 화학물질이 갖는 여러 가지 유해성, 위험성을 적절히 판별하고, 그 정도에 따라 분류한 다음, 가장 이해하기 쉬운 형태로 표시하는 것과 올바른 정보제공을 통한 안전관리를 강화하고 국제적인 조화를 통하여 화학물질의 적정 평가 및 국제적 교역을 증대하는 것을 목적으로 하고 있음.

- ▷ 2008년 국내 GHS제도 도입을 계기로 화학물질 관리의 기본 틀이 되는 유해성 분류기준이 확립됨에 따라, 국내 유통 화학물질 약 12,000종에 대하여 GHS에 의한 유해성 분류정보 DB가 구축되었고 이에 따라 유해화학물질의 유해성 수준에 따른 분류, 관리가 가능하게 되었음.

- ▷ 이에 산업안전보건연구원의 화학물질 평가 실무위원회에서는 현재 산업안전보건법령에서 정하고 있는 관리대상 유해물질 및 노출기준 대상 유해인자 중 GHS 건강유해성 분류 결과, 발암성 또는 생식독성이 1A 또는 1B로 확인되는 화학물질 28종을 선정하였음.

- ▷ 발암성 또는 생식독성 구분 1A 또는 1B로 확인되는 화학물질을 근로자의 건강장해 예방을 위하여 산업안전보건법 내 ‘특별관리물질 및 관리대상 유해물질’로 선정하기 해서는 사회성·경제성 평가를 실시해야 함.

- ▷ ‘사회성·경제성 평가’란 유해성·위험성이 상당하여 관리가 필요하다고 판단되는 화학물질에 대하여 규제에 따른 사회적·경제적 비용과 편익에 대한 타당성·적합성을 조사·분석하는 일련의 과정을 의미함(화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정 제2조(고용노동부예규 제 125호)).

- 사회성·경제성 평가는 대상 화학물질의 관리 수준의 변경 시, 사회·경제적으로 타당한 합리적인 관리수준인가를 평가하고 관리수준 변경에 따른 영향을 평가함으로써, 정부의 규제수준에 따른 영향을 분석하는 단계임.

- 즉, 사회성·경제성 평가는 대상 화학물질의 관리수준 변경에 따른 사업장에 미치는 추가적인 부담과 비용, 직업병 감소 등에 따른 사회·경제적 편익,

비용과 편익의 비교를 통한 규제 타당성 및 적합성 등을 고려하여 평가하는 중요한 단계라고 할 수 있음.

○ 따라서 유해성·위험성 평가 등을 통해 대상 화학물질의 산업보건법상 관리기준의 상향조정이 필요할 경우 사회성·경제성 평가를 통해 비용-편익 면에서의 가능성을 검토하는 것임.

▷ 그러나 현재 대상 화학물질이 산업안전보건법 내 관리수준이 강화되거나 변경되는 경우, 예상되는 산업재해예방 효과 및 사업장에서 발생하는 경제적 부담 등을 평가할 수 있는 표준화된 사회성·경제성 평가방법이 마련되어 있지 않은 실정임.

(2) 연구결과

가) 특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 관리수준 변경에 따른 비용

(가) 비용의 항목

☐ 화학물질의 관리수준 변경으로 인해 사업주들이 부담해야 하는 비용은 관리 및 조치비용임.

○ 관리 및 조치비용은 해당 화학물질로 인한 근로자의 건강장해를 방지하기 위하여 시설·설비의 설치 또는 개선 등 필요한 조치에 소요되는 비용을 의미함.

☐ 관리 및 조치비용의 세부항목은 다음과 같이 구성됨.

- 국소배기장치 설치 및 유지관리비용
- 밀폐설비 설치 및 유지관리비용
- 보호구 및 보호복 지급 및 유지관리비용
- 세척시설, 용기 등의 화학물질 관리를 위해 소요되는 비용
- 유해위험방지계획서 작성비용
- 특별안전·보건교육 비용
- 작업환경측정비용
- 특수건강진단비용
- 특별관리물질 취급일지 작성비용
- 특별관리물질 고지비용

(나) 규제대상 사업체 수

☐ 규제대상 사업체 수는 관리수준 변경 규제의 대상이 되는 28종 화학물질을 제조 및 수입, 사용하는 사업체 수를 의미함.

☐ 2009년도 실태조사를 통해 결정된 해당 28종의 화학물질을 취급하는 전체 2,318개의 업체가 규제의 대상임.

○ 본 실태조사를 통해 취급하는 사업장에 대한 정보가 존재하지 않았던 산화규소(결정형), 4,4'-메틸렌디아닐린, 페닐글리시딜에테르 이상 3종에 대한 정보는 2006년도 유통량조사 및 2007년도 유통량 조사를 기반으로 한 한국산업안전공단 보고서를 인용하여 활용함.

(다) 분석기간

□ 분석기간은 직업병 발병 시기를 고려하여 30년, 영구적 기간으로 가정하여, 각각의 기간 동안 발생하는 비용을 추정함.

○ 화학물질로 인한 근로자의 직업병 및 질병의 발생은 중·장기적으로 나타나기 때문에 기간을 30년, 영구적 기간으로 각각 나누어 추정할 필요가 있음.

(라) 규제비용 측정결과

□ 시나리오별로 규제비용을 추정함.

○ 사업주의 입장에서 본 규제와 관련하여 발생할 수 있는 비용들은 기존에 취급하고 있던 물질의 관리수준이 어떻게 변경되는지에 따라 다르게 산정될 수 있으며, 이에 따라 시나리오를 구성하여 각 시나리오별로 비용을 평가 및 측정하고자 함.

○ 시나리오 #1 : ‘노출기준설정물질’이 ‘관리대상유해물질’로 지정되는 경우
 - 면제나 특례대상인 ‘관리대상유해물질’로 지정되는 경우를 추가적으로 고려

○ 시나리오 #2 : ‘노출기준설정물질’이 ‘특별관리물질’로 지정되는 경우

○ 시나리오 #3 : ‘관리대상유해물질’이 ‘특별관리물질’로 지정되는 경우

- 기존에 면제나 특례대상인 ‘관리대상유해물질’인 경우를 추가적으로 고려

□ 규제의 비용은 사업체가 기존에 취급하고 있던 물질의 관리수준이 어떻게 변경되는지에 따라 다르게 산정될 것이므로, 시나리오별(#1 ~ #3)로 비용을 평가 및 측정하여 노출기준 설정물질(시나리오 #1, 시나리오 #2의 평균)과 관리대상 유해물질의 합계를 산정함.

□ KDI 표준 할인율 5.5%와 장기적인 편익 발생을 고려해 KDI에서 제시하는 할인율보다 낮은 적정 할인율인 3%로 나누어 산정한 각각의 기간별 비용은 아래 표와 같음

구분	할인율 5.5%	
	30년 기준 시나리오별	영구 기준 시나리오별
시나리오 #1-1 (노출기준→관리대상(특례X))	₩ 750,220,173,543	₩ 1,008,472,956,924
시나리오 #1-2 (노출기준→관리대상(특례))		
시나리오#2 (노출기준→특별관리)	₩ 948,240,400,699	₩ 1,138,627,773,912
노출기준 설정대상 유해인자에 서의 관리수준 변경시 비용 (시나리오 #1, #2 평균)	₩ 849,220,287,121	₩ 1,073,550,365,418
시나리오 #3-1 (관리대상(특례X)→특별관리)	₩ 402,453,982,405	₩ 453,715,125,186
시나리오 #3-2 (관리대상(특례)→특별관리)		

구분	할인율 3%	
	30년 기준 시나리오별	영구 기준 시나리오별
시나리오 #1-1 (노출기준→관리대상(특례X))	₩ 1,046,258,064,787	₩ 1,687,978,080,148
시나리오 #1-2 (노출기준→관리대상(특례))		
시나리오#2 (노출기준→특별관리)	₩ 1,176,746,990,514	₩ 1,870,402,046,169
노출기준 설정대상 유해인자에 서의 관리수준 변경시 비용	₩ 1,111,502,527,651	₩ 1,779,190,063,159
시나리오 #3-1 (관리대상(특례X)→특별관리)	₩ 454,879,816,525	₩ 635,923,544,710
시나리오 #3-2 (관리대상(특례)→특별관리)		

나) 특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 관리수준 변경에 따른 편익

(가) 편익의 항목

□ 화학물질의 관리수준 변경으로 인한 편익은 크게 근로자의 직업병 감소 및 시너지 효과와 기타 안전사고 감소 및 시너지 효과 등의 예방의 편익의 항목으로 구분됨.

□ 직업병 감소 효과는 화학물질의 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 28종의 화학물질을 취급하는 근로자의 작업환경 및 작업여건의 개선을 통하여, 근로자들의 직업에 의해 발생할 수 있는 질병의 감소효과를 의미함.

○ 직업병 감소 효과는 본 규제로 인한 직업병 감소의 정도 및 시너지효과로 평가할 수 있음.

○ 이 편익은 30년, 영구적 기간 동안의 규제대상 화학물질 28종으로 인한 산재보상 손실비용과 그로 인한 간접비용에 직업병 감소율을 반영하여 계산함.

□ 기타 안전사고 및 시너지 효과는 본 규제로 인한 예방의 효과인 2차 노출 감소 및 시너지 효과, 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과, 인근 주민 피해 감소 및 시너지 효과를 고려한 개념임.

○ 2차 노출의 감소 및 시너지 효과는 28종의 화학물질을 취급하는 근로자들의 가족 등 사업장 외부의 타인이, 신체 및 의류에 화학물질이 잔류한 상태의 근로자와 접촉함으로써 화학물질에 노출되는 것을 예방함으로써, 화학물질

의 간접적 노출로 발생할 수 있는 인명피해와 기타 건강장해를 감소시키는 것을 의미함.

○ 화재·폭발·누출 등 사고 감소효과는 해당 사업장에서 28종의 화학물질로 인해 발생할 수 있는 사고를 예방함으로써 사고로 인한 인명 피해, 재산 피해, 환경오염 등을 감소시키는 것을 의미함.

○ 인근 주민 피해 감소 및 인근 주민 피해 시너지 효과는 해당 사업장에서 28종의 화학물질로 인한 사고 발생시 사업장 인근 주민에게 발생할 수 있는 인명피해, 재산피해, 건강장해 및 환경오염의 감소효과를 의미함.

□ 기타 안전사고 및 시너지 효과로 인한 편익은 30년, 영구적 기간 동안의 28종과 그 외 화학물질이 원인이 된 간접노출로 인한 피해,, 폭발·화재·누출 등의 사고로 인한 피해와 인근주민의 피해 등의 감소의 합으로 나타남.

○ 사고 피해의 감소는 30년, 영구적 기간 동안 사업체에서 사용, 제조 및 취급 중인 화학물질 28종에 대한 재산피해 비용에 화재·폭발·누출사고 감소율을 반영하여 계산함.

○ 인근주민의 피해 등의 감소 효과는 기존의 연구에서 해당 편익에 대한 자료가 없어 2012년 구미 불산가스 누출사고 당시의 인근업체와 인근주민의 피해액으로 편익을 추정함.

(나) 규제대상 화학물질 수

□ 산업안전보건연구원의 화학물질 평가 실무위원회에서 선정한 현재 산업안

전보건법령에서 정하고 있는 관리대상 유해물질 및 노출기준 대상 유해인자 중 GHS 건강유해성 분류 결과, 발암성 또는 생식독성이 1A 또는 1B로 확인되는 화학물질 28종.

(다) 분석기간

□ 분석기간은 직업병 발병 시기를 고려하여 30년, 영구적 기간으로 가정하여, 각각의 기간 동안 발생하는 비용을 추정함.

(라) 규제편익 추정결과

□ 할인율 5.5%와 3%를 각각 적용한 분석기간별 총 편익은 다음과 같음.

○ 30년

(단위 : 원)

		금액	
편익항목		할인율 5.5%	할인율 3%
직업병 감소 및 시너지 효과		2,965,860,641,663 원	3,905,024,970,291 원
기타 안전사 고 감소 및 시너지 효과	2차 노출 감소 및 시너지 효과	α 원	α 원
	화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과	1,497,305,621,663 원 + α 원	1,971,439,844,008 원 + α 원
	인근 주민 피해 감소 및 시너지·기타 효과	32,660,193,499 원 + α + β 원	43,002,314,188 원 + α + β 원
합계		4,495,826,456,826 원 + α + β 원	5,919,467,128,487 원 + α + β 원

○ 영구적 기간

(단위 : 원)

		금액	
편의항목		할인율 5.5%	할인율 3%
직업병 감소 및 시너지 효과		3,710,312,676,080 원	6,641,049,387,044 원
기타 안전 사고 감소 및 시너지 효과	2차 노출 감소 및 시너지 효과	α 원	α 원
	화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과	1,873,139,941,230 원 + α 원	3,352,713,354,524 원 + α 원
	인근 주민 피해 감소 및 시너지·기타 효과	40,858,133,468 원 + α + β 원	73,131,540,630 원 + α + β 원
합계		5,624,310,750,778 원 + α + β 원	10,066,894,282,199 원 + α + β 원

다) 규제의 순편익

□ 할인을 5.5%와 3%를 각각 적용한 분석기간별 B/C ratio(비용단위별 편익)은 다음과 같음.

		총비용	총편익	순편익	B/C ratio
할인율 5.5%	30년	₩ 1,251,674,269,526	₩ 4,495,826,456,826	₩ 3,244,152,187,300	3.59
	영구	₩ 1,527,265,490,604	₩ 5,624,310,750,778	₩ 4,097,045,260,175	3.68
할인율 3%	30년	₩ 1,566,382,344,176	₩ 5,919,467,128,487	₩ 4,353,084,784,311	3.78
	영구	₩ 2,415,113,607,869	₩ 10,066,894,282,199	₩ 7,651,780,674,330	4.17

□ 그러나 본 규제로 인한 환경오염의 감소비용과 장치 및 설비를 새롭게 설치하는 경우 설비의 수명연장 효과와 공정 수준의 제고로 인한 작업능률의 향상 등의 편익은 포함되지 않은 것으로 이들을 고려하면 규제의 순편익은 더 커질 것임.

□ 또한 화학물질로 인한 중독 등으로 인해 어지럼증, 피로누적 등이 발생하여 작업능력이 저하(장비취급 미숙)됨에도 불구하고, 통계에는 사고의 원인이 화학물질로 인한 것이 아닌 것으로 잡히어 실제로는 화학물질로 인한 사고자가 더 많은 것이라는 것을 감안하면, 화재/폭발/누출사고의 예방과 관련된 순편익이 더 늘어날 것임.

3. 연구목적

본 연구는 2015년 수행된 “허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구” 결과에 근거하여 산업안전보건법상 관리수준 변경이 필요하다고 판단되는 26가지 물질을 대상으로 유해·위험성 평가, 허용기준 적용을 위한 기술적 타당성 평가, 근로자 노출실태 조사 등을 실시하고, 2016년도에 유해성·위험성 평가 및 산업체 노출실태 평가 연구가 실시된 15종 및 2017년도에 추가적으로 실시하는 11종을 대상으로 사회성·경제성 실시하여 허용기준 설정 대상 유해인자를 추가 지정함으로써 근로자의 직업병 예방에 기여에 목표를 둔다.

세부적인 연구목표는 다음과 같다.

▶ 2015년도에 실시된 “허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구”에서 제안된 절차에 따라 연구대상 11가지 물질을 선정한다.

▶ 국내외 신뢰성 있는 문헌조사 등 연구자료 활용을 통해 대상 화학물질에 대한 유해성 확인, 용량-반응 평가, 노출평가, 위험성 결정 등 유해성·위험성 평가를 실시한다(필요시 취급사업장을 직접 방문하여 작업환경측정 실시).

▶ 환경부 화학물질 통계조사, 고용노동부 작업환경실태조사 등 자료를 검토하여 대상물질의 노출 근로자 수, 제조·취급·사용량, 유통량 등 취급실태 분석결과에 따른 허용기준 산업체 적용을 위한 기술적 타당성을 평가한다.

▶ 대상 화학물질에 대한 행정처분 근거인 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시(고용노동부고시 제2017-27호) 등 노출농도 측정 및 분석방

법을 검토한다.

▶ 미국, 일본, 독일, EU 등 선진외국 산업보건 영역의 화학물질 관리수준 조사·분석을 통하여 산안법의 화학물질 규제 타당성 검증 및 체계적이고 과학적인 규제기준을 검토한다.

▶ 2016년도에 유해성·위험성 평가 및 산업체 노출실태 평가 연구가 실시된 15종 및 2017년도에 추가적으로 실시하는 11종을 대상으로 사회성·경제성 평가를 실시한다(26종).

▶ 대상 화학물질 26종에 대하여 선행 연구(특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가 연구 및 허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구)에서 제안된 사회성·경제성 평가 방법을 준용하여 허가대상 유해물질 선정 시 예상되는 경제적 편익 및 사업장에서의 발생 비용 등을 고려한 사회성·경제성 평가를 실시한다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법

1. 연구내용 및 범위

1) 연구 대상 물질 선정

본 연구는 2015년에 수행된 “허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구”에서 제안된 연구결과를 근거로 하여 중대한 건강장해 및 직업적 질환 발생 또는 발생 우려가 있는 화학물질 11종(삼수소화비소, 암모니아, 메틸렌 디페닐 디이소시아네이트, 염소, 브롬화 메틸, 수산화나트륨, 산화에틸렌, 염화비닐, 황산, 1,3-부타디엔, 1,2-디클로로프로판) 및 2016년도에 유해성·위험성 평가 및 산업체 노출실태 평가 연구가 실시된 15종(톨루엔, 수은, 휘발성콜타르 피치, 일산화탄소, 베릴륨 및 그 화합물, 니켈카보닐, 아크릴로니트릴, 스티렌, 망간 및 그 화합물, 아닐린과 아닐린 동족체, 시클로헥사논, 코발트 및 그 무기 화합물, 메틸알코올, 디클로로메탄, 트리클로로메탄) 대상으로 하였다.

아래의 <표 Ⅱ-1>, <표 Ⅱ-2>는 선정된 화학물질 26종이다.

<표 II-1> 연구대상 화학물질 26종

연번	화학물질명 (CAS No.)	CMR 분류정보
1	삼수소화비소(7784-42-1)	-
2	암모니아(7664-41-7)	-
3	메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트(101-68-8)	발암성 구분 2
4	염소(7782-50-5)	-
5	브롬화 메틸(74-83-9)	생식세포 변이원성 구분 2
6	수산화나트륨(1310-73-2)	-
7	산화에틸렌(75-21-8)	발암성 구분 1A 생식세포 변이원성 구분 1B
8	염화비닐(75-01-4)	발암성 구분 1A
9	황산(7664-93-9)	발암성 구분 1A (강산 mist)
10	1,3-부타디엔(106-99-0)	발암성 구분 1A 생식세포 변이원성 구분 1B
11	1,2-디클로로프로판(78-87-5)	발암성 구분 1A

<표 II -2> 연구대상 화학물질 26종(계속)

연번	화학물질명 (CAS No.)	CMR 분류정보
12	톨루엔(108-88-3)	생식독성 구분2
13	수은(7439-97-6)	생식독성 구분1
14	휘발성콜타르피치(65996-93-2)	발암성 구분 1A
15	일산화탄소(630-08-0)	생식독성 구분 1A
16	베릴륨(7440-41-7) 및 그 화합물	발암성 구분 1A
17	니켈카보닐(13463-39-3)	발암성 구분 1A 생식독성 구분 1B
18	아크릴로니트릴(107-13-1)	발암성 구분 1B
19	스티렌(100-42-5)	발암성 구분 2
20	메틸알코올(67-56-1)	생식독성 구분 1B
21	망간(7439-96-5) 및 그 무기화합물	생식독성 구분 1B
22	아닐린과 아닐린 동족체(62-53-3)	발암성 구분 2 생식세포 변이원성 구분 2
23	시클로헥사논(108-94-1)	발암성 구분 2 생식독성 구분 2 생식세포 변이원성 구분 2
24	코발트(7440-48-4) 및 그 무기화합물	발암성 구분 2
25	디클로로메탄(75-09-2)	발암성 구분 2
26	트리클로로메탄(클로로포름)(67-66-3)	발암성 구분 2

2) 선정 화학물질 대상 유해성·위험성 평가

○ 국내·외 신뢰성 있는 문헌 조사 등 연구자료 활용을 통하여 대상 화학물질에 대한 유해성 확인

- 안전보건공단 물질안전보건자료(MSDS)를 이용하여 대상 화학물질 유해성 및 물리·화학적 특성 정리
- 선진국(EU, 미국)의 데이터베이스를 통한 물리·화학적 특성 추가 조사
- 선진국(유럽, 미국, 일본 등)의 주요 기관의 유해성·위험성 평가 보고서 검토를 통한 대상 화학물질 유해성 확인
- 선진국 및 국내의 인체 유해성·위험성 평가 사이트에서 대상 화학물질에 대한 유해성 확인

○ (고용노동부예규 125호)」 제13조에서 정한 방법 외 국내·외 사고사례를 조사하여 유해성 입증

- 국내 사고사례 조사는 환경부 유해물질 사고사례집, 화학안전정보공유시스템(CSC)을 이용하여 사고사례 분석 및 유해성 입증
- 국외 사고사례 조사는 Chemical Safety Board(CSB), Major Accident Reporting system(E-MARS), Analyse, Recherche et Information sur les Accidents (ARIA),
Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen(ZEMA)를 이용하여 사고사례 분석 및 유해성 입증

○ 유해성·위험성 평가 관련 규정에 근거하여 연구대상 화학물질에 대한 근로자 노출평가 실시

- 화학물질에 대한 최근 6년간의 작업환경측정결과 분석에 따른 근로자 노출 실태 파악

- 필요시 해당물질 취급사업장을 직접 방문하여 현장평가 실시

○ 화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정(고용노동부예규 125호)에 근거한 대상물질 용량-반응 평가 및 위험성 결정

- 화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정(고용노동부예규 125호)에 근거하여 용량-반응 평가 및 위험성 결정을 수행
- ACGIH TLV, OECD SIDS, ECB, EPA IRIS, ATSDR 등 국외 자료를 통한 용량-반응 평가 실시
- 용량-반응 평가 결과를 이용하여 대상 화학물질의 작업장참고농도(RfCworker, workplace reference concentration) 제시

3) 연구 대상물질 국내 취급실태 분석

- 연구대상 물질별 화학물질 정보공개 통계조사 자료를 이용한 취급사업장 수에 대한 분석
- 작업환경실태조사 자료를 이용하여 대상 화학물질 업체규모, 근무형태, 취급 근로자수, 연간 취급량, 작업시간, 작업일수 등 취급현황 분석
- 한국무역협회 자료 분석을 통해 추가 자료 검토

4) 선정된 연구대상물질의 국내외 화학물질 규제수준 조사

- 연구대상 11종 화학물질에 대한 국내외 노출기준 조사
- 미국 OSHA의 허용기준(Permissible Exposure Limits) 검토
- 국내외 타 부처의 규제기준 고찰
- 안전보건공단 및 환경부의 GHS 분류결과 조사

5) 사회성·경제성 평가

- 대상 화학물질 26종*에 대하여 선행 연구**에서 제안된 사회성·경제성 평가 방법을 준용하여, 허용기준 설정대상 유해인자 선정 시 예상되는 경제적 편익 및 사업장에서의 발생 비용 등을 고려한 사회성·경제성 평가를 실시

* 2016년도에 유해성·위험성 평가 및 산업체 노출실태 평가 연구가 실시된 15종 및 2017년도에 추가적으로 실시하는 11종을 대상으로 함

** 특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가 연구 및 허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구

- 허용기준설정에 따른 비용평가 및 측정
- 허용기준설정에 따른 편익평가 및 측정
- 비용·편익 분석과 비교

2. 연구방법

1) 선정 화학물질 대상 유해성·위험성 평가

(1) 국내외 신뢰성 있는 문헌조사 등 연구자료 활용을 통하여 대상 화학물질 유해성 및 물리·화학적 특성 정리

○ 안전보건공단 물질안전보건자료(MSDS) 근거 대상 화학물질 유해성 및 물리·화학적 특성 정리

안전보건공단 물질안전보건자료(MSDS)를 이용하여 연구대상 물질별 GHS 건강 유해성 분류, 물리·화학적 특성, 관리되고 있는 법 수준 등을 정리하였다.

<표 II-3> 물리·화학적 특성 조사를 위한 항목

물리·화학적 특성 항목		
폭발성 물질 인화성 물질 물 반응성 물질 산화성 물질 고압가스 자기반응성 물질 자연발화성 물질	유기과산화물 금속부식성 물질 물리적 상태(성상/색/냄새) 용해도 끓는점/녹는점/어는점 인화점	증기압 및 증기밀도 비중 옥탄올/물 분배계수 자연발화 온도 점도 분자량

조사하는 22가지의 물리·화학적 특성은 다음 <표 II-4>은 EU, 미국의 물리·화학적 데이터베이스를 통해 선별할 수 있다.

<표 II-4> 물리·화학적 특성 데이터베이스

참고문헌명	설명 및 사이트
EU EEC 67/548 Annex I	4,133종에 대한 화학물질 분류표지정보 제공
UN RTDG	유엔 위험물 수송 권고로 국제연합의 위험물운송전문가 위원회의 권고이며, GHS 권고도 같은 위원회의 권고임
International Chemical Safety Cards (ICSC)	약 1,400물질에 대한 인화점 발화점 및 폭발 한계 등의 물리화학적 위험성 정보제공 http://www.inchem.org/
HSDB	미국 NLM(National Library of Medicine)에서 운영하는 사이트로 5,000여종에 대한 물리 화학적 특성, 운송정보 등 제공 http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB
The chemical database	Akron 대학에서 운영하는 사이트로 254,945종 화학물질의 물리화학적 특성, 물리적 위험성 정보 제공 http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/

○ 유해성 확인

유해성 확인 과정에서 이들 자료를 우선적으로 검토할 수 있으며, 자료의 수집 및 검토는 아래 내용을 바탕으로 수행할 수 있다.

- 국내·외에서 개발되어 현재 독성연구기관 및 독성학자들이 보편적으로 이용하는 독성 데이터베이스를 이용하여 국내·외 독성실험 자료, 역학연구 자료 등을 선별하였다.

- OECD, IARC(International Agency for Research on Cancer), IPCS(International Program on Chemical Safety) 등 국제기구에서 발간되는 화학물질 위험성 평가 보고서를 검색하여 해당 자료를 수집하고 평가하였다.

- 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH), 유럽 화학물질청(ECHA), 일본 후

생노동성 등 각 국가 정부보고서 및 데이터베이스를 검색하여 해당 자료를 수집하고 평가하였다.

- 국내 화학물질 관련 정부부처 및 산하기관의 보고서 및 데이터베이스를 이용하여 수집하고 평가하였다.

- 국내 GLP 인증기관의 자료 중 관련 자료의 유무를 검토하고 기업비밀과 무관한 경우 이에 대한 자료제공을 요청하여 수집하였다.

- 최근 학술지에 게재된 인체독성 관련 연구자료 또는 역학조사 결과보고서를 이용하여 수집하였다.

이용 가능한 유해성·위험성 평가 보고서가 없거나 추가적인 자료조사가 필요하다고 판단되는 경우에는 독성관련 데이터베이스 또는 유해성 평가 보고서 원문 자료 등을 조사하였다.

유해성 확인에서 경우 선호되는 자료는 근로자를 대상으로 한 인체자료이지만 앞서 설명한 바와 같이 인체자료를 활용하는 것에는 많은 제한적인 요소가 있지만 가장 확실한 자료이다. 따라서 대상 화학물질 15종에 대한 ACGIH의 2015년 TLV의 Human study, TLV Recommendation을 번역하여 대상 화학물질에 대한 유해성을 알아보았다.

(2) (고용노동부예규 125호) 제13조에서 정한 방법 외 국내·외 사고 사례를 조사하여 유해성 입증

○ 국내 사고사례 조사

- 환경부 유해화학물질 사고사례집(2007)

화학물질 사고사례 목록(00~06)의 발생일자, 사고내용, 사고물질, 사고형태, 피해정도, 사고원인, 사고구분 등을 조사하여 유해성 확인의 근거를 마련하고자 한다. 2007년 이후의 자료는 미공개이므로 환경부와 협의 후 분석예정이다.

- 화학안전정보공유시스템(CSC)

화학물질안전기술원에서 만든 데이터베이스로 화학안전정보공유시스템의 사고사례정보 및 사고사례 물질별 통계를 이용하여 사고 물질 별 발생건수 및 발생형태, 사고원인, 사고유형, 사고지역, 업종, 피해상황 등을 조사해 유해성 확인의 근거를 마련하고자 한다.

○ 국외 사고사례 조사

- ACGIH TLV Documentation에서 국외 직업병 발생 여부를 조사
- 국외의 참고문헌 고찰을 통한 사고사례 및 건강영향에 대한 조사

(3) 유해성·위험성 평가 관련 규정에 근거하여 연구대상 화학물질에 대한 근로자 노출평가 실시

○ 작업환경측정결과 이용(노출평가)

일반적으로 근로자 노출평가의 경우 미국산업위생학회에서 개발한 산업위생 통계 스프레드 시트를 이용하여 노출기준 초과확률, 95% 백분위수 점추정치(95th Percentile Point Estimate) 등을 분석하였다. 하지만 산업위생통계의 경우 분석 데이터수가 최대 50개로서 한정되어 있기 때문에 실질적인 현장측정 및 분석을 통해 나타난 결과 값에 대한 통계분석을 하는데 있어서 제한이 있다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 최근 6년간의 작업환경측정결과를 기반으로 노출평가를 수행하였다.

작업환경측정결과에서 불검출(N.D.; Not Detected), 미량(Trace) 등으로 표기된 자료의 경우 크게 세 가지 방법을 제안하고 있다. 첫째, 불검출을 검출한계

이하로 간주하여 농도를 제외시키는 것이다. 하지만 본 방법은 결과의 과대평가가 우려된다. 둘째, 불검출 자료를 0으로 적용하여 평가하는 방법으로 본 기법은 결과를 과소평가할 우려가 있다. 셋째, EPA(2000)에서 제안하는 최소값의 1/2값을 적용하여 처리하는 방법을 제안하고 있다. 하지만 본 연구에서는 실질적으로 노출량이 발생된 데이터만을 이용하여 근로자 노출평가를 실시하기 위해 불검출 데이터는 결과 값에서 제외하고 처리하였다.

(4) 화학물질의 유해성위험성 평가에 관한 규정(고용노동부예규 125호)에 근거한 대상물질 11종의 용량-반응 평가 및 위험성 결정

○ ACGIH TLV 설정에 근거한 용량-반응 평가

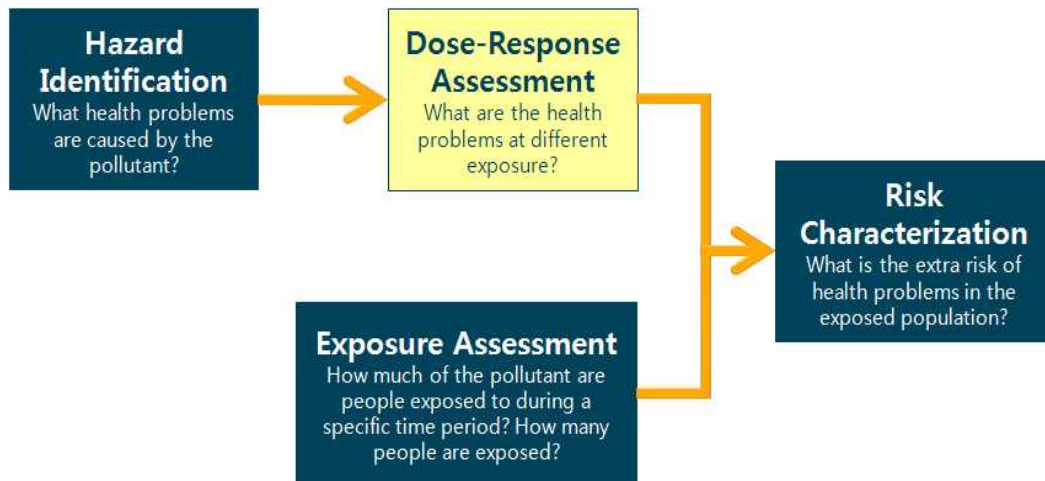
매년 ACGIH에서는 화학물질에 대한 정보를 TLV Documentation을 통해 공개하고 있으며 본 연구에서도 연구대상물질의 TLV Documentation을 검토하여 각 물질에 대한 정보 및 독성자료(물리·화학적 특성, 주요용도, 동물연구(아만성, 만성/발암성, 생식독성, 유전독성 등), 약동학 및 대사연구(인간연구, 동물연구), 노출 메커니즘, 인간연구(급성, 만성, 물질관련 질병 등)를 확보하여 검토하였다.

○ 15종 대상물질의 용량-반응 평가 자료의 최신화

ECHA DB와 eChemportal의 DB를 활용하여 26종 대상물질의 무영향농도 값 등을 최신화하여 용량반응 평가에 적용하였다.

용량-반응 평가는 어떤 화학물질에 대해 유해성이 확인되었다면 그 물질이 과연 얼마만큼의 위험성(risk)을 나타내느냐를 수량적으로 표현하는 단계로서, 비발암성 물질과 발암성 물질에 대한 접근법이 서로 다르다. 평가대상 화학물

질에 대하여 독성학적 역치(threshold)의 유무를 평가하여 독성학적 역치가 있는 경우(비발암성 물질의 경우) 무영향관찰용량(NOAEL), 최소독성량(LOAEL) 역치가 없는 경우(발암성 물질의 경우) 발암잠재력(CPF)을 추정하는 방법 등을 활용한다. 아래 [그림 II-1]에 도식화 하여 나타냈다.



[그림 II-1] 용량-반응평가 모식도

수집된 기초자료 조사 정보를 이용하여 대상 화학물질의 독성 및 발암등급을 결정하고 수집된 독성 자료 중 정량적 정보를 재선정하여 정량적인 용량-반응 평가를 실시하였다.

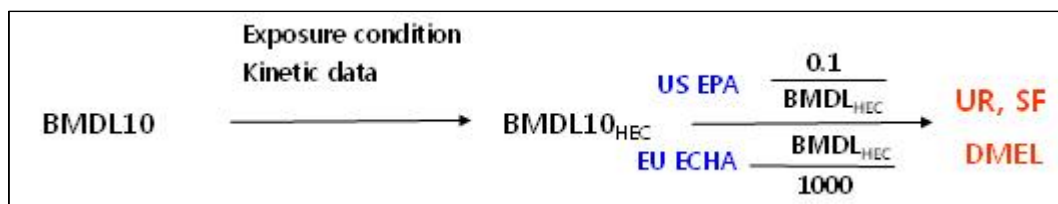
이를 위해서 조사된 자료를 중심으로 정량적인 용량-반응 결과(노출 대상자, 노출기간, 노출경로, 노출량, 유해영향 및 평가결과)가 명확하게 제시되어 있는 자료를 선정하였다. 선정된 자료에 의해 NOAEL, 독성참고치, 발암잠재력 등에 대한 정량적 독성 지표를 결정하였고, 이때 발암성 물질과 비발암성 물질을 구분하여 평가하였다.

본 연구에서는 KOSHA GUIDE(W-6-2016) 화학물질의 유해성·위험성 평가 지침에 따라 평가 대상 물질의 인체 영향에 대한 용량-반응평가를 실시하였다.

▶ 발암성 물질에 대한 용량-반응평가

발암성 평가는 실험동물에서 얻은 발암 최소 영향값 또는 사람의 역학조사에서 얻는 상대 발암위험 등의 자료를 이용하여 위험성 결정에 사용될 수 있는 수치화된 정보를 제공하는 과정이다. 주로 동물실험에서의 얻은 발암 최소 영향값을 이용하여 수치화된 값을 구하는 데, 미국의 EPA에서는 흡입단위위험도(Inhalation unit risk) 또는 경구발암경사값(Oral slope factor)을 제공하고 있어 많은 나라 또는 기관에서 이 값을 기초로 하여 용량-반응평가를 실시하고 있다.

한편, 최근 유럽연합에서는 REACH 제도를 도입하여 화학산업계에 대량생산 및 고위험우려물질(SVHCs)에 대하여 유해성·위험성 평가를 요구하고 있으며, 통일된 유해성·위험성 평가지침을 제공하고 있다. 미국 EPA에서 제공하는 단위위험도 및 경구경사 값을 구할 수 없는 경우에는 유럽연합에서 제공하는 방법을 준용하여 발암성 물질의 용량-반응평가를 실시할 수 있다. 아래 [그림 II-2]에 발암성물질의 용량-반응평가 절차를 도식화 하였다.



[그림 II-2] 발암성물질의 용량-반응평가 절차

- 흡입단위위험도(Inhalation Unit Risk)를 이용한 RfCwork 결정

미국 환경보호청(US EPA)에서 제공하는 흡입단위위험도(Inhalation Unit Risk ; IUR) 값을 이용 가능한 경우에는 이 값을 이용하여 발암성물질의 용량-반응평가를 실시한다. 다만, 단위위험도값은 70kg의 성인이 1일 24시간 계속해서 70년간 (안정상태에서) 노출했을 경우의 위험도로 작업장 위험성평가에 적용하기 위해서는 변환이 필요하다.

국내 작업장에서의 위험도 평가를 위해 단위위험도값의 변환은 아래와 같이 2단계로 실시한다. 첫 번째 단계는 단위위험도 값을 작업장단위위험도로 변환하는 과정이며, 두 번째 단계는 작업장에서 허용 가능한 농도 즉, 위험도 10⁻⁴에서의 농도를 구하는 단계이다. 여기서는 작업장 유해성 평가값을 미국 EPA에서 사용하는 참고농도(RfC, Reference concentration), 유럽연합의 DNEL/DMEL과 구분하기 위하여 작업장참고농도(RfCwork, workplace reference concentration)라 지칭하였다.

<표 II -5> 흡입단위위험도(IUR)값을 이용한 RfCwork 변환 방법

단계	변환방법 ¹⁾
1단계 UR _{workplace}	$IUR_{work} = IUR / CF$ 여기서 CF는 (Option 1) $\left(\frac{\text{미국성인1일호흡량}}{\text{한국근로자8시간호흡량}} * \frac{\text{미국성인연노출일}}{\text{한국근로자연노출일}} * \frac{\text{미국성인노출기간}}{\text{한국근로자노출기간}} \right) / \left(\frac{\text{미국성인체중}}{\text{한국근로자체중}} \right)$ $= \left(\frac{20m^3}{10m^3} * \frac{365days}{260days} * \frac{70years}{40years} \right) / \left(\frac{70kg}{60kg} \right) = 4.2$ 따라서, $IUR_{work} = IUR / 4.2$ 예: unit risk가 1×10^{-6} per $\mu g/m^3$인 경우 $IUR_{work} = 1 \times 10^{-6} / 4.2 \text{ per } \mu g/m^3 = 2.4 \times 10^{-7} \text{ per } \mu g/m^3$
2단계 RfC _{work} carcinogen	$RfC_{work} = 1 \times 10^{-4} / IUR_{work}$ $= 1 \times 10^{-4} / (IUR / 4.2)$ 예: inhalation unit risk가 1×10^{-6} per $\mu g/m^3$인 경우 $IUR_{work} = 2.4 \times 10^{-7} \text{ per } \mu g/m^3 \text{ 이므로}$ $10^{-4} \text{ 위험성 농도} = 1 \times 10^{-4} / (2.4 \times 10^{-7} \text{ per } \mu g/m^3)$ $= 417 \mu g/m^3 = 0.4 \text{ mg/m}^3$

1) UR값의 변환에 있어서 체중에 대한 보정을 위해 2가지 Option을 제시하였다. Option 1은 체중에 별도의 변화식을 사용하지 않고 보정하는 것이며, Option 2는 체중에 대한 보정을 실시하지 않는 것이다. 동물에서의 자료를 사람에게 변환할 때 경구독성자료를 이용할 경우에는 일반적으로 체중의 3/4을 보정하고, 흡입독성자료를 이용하지 않을 경우에는 별도로 보정하지 않는 데, 경구독성의 경우 체중의 비율을 반올림할 경우 60kg의 경우와 70kg의 경우의 차이는 거의 무시할 수 있기 때문에 Option 2도 같이 제시하였다.

- 경구경사(Oral slope Factor)값을 이용한 RfCwork 결정

경구경사값(Oral Slope Factor; SF)는 미국 환경보호청(US EPA)에서 제공하는 발암성 물질 평가값으로 발암성 물질을 경구로 흡수한 경우의 단위위험도를 나타낸다. 흡입 단위위험도(IUR)가 제공되지 않고 경구경사값(Oral Slope Factor)만 제공되는 경우에는 경구경사값(Oral slope factor)을 먼저 흡입단위위험도(Inhalation Unit Risk)로 변환한 후, 흡입단위위험도(IUR) 값을 이용한 RfCwork 결정 과정에 따라 작업장참고농도(RfCwork)값을 구한다. 아래 <표 II-6>에 공식이 정리되어 있다.

<표 II-6> 경구경사값(SF)의 흡입단위위험도(IUR) 변환 방법

$IUR = (SF * CF2 * IR) / BW$	
IUR :	Inhalation Unit Risk (per $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SF :	Oral slope factor (per $\text{mg}/\text{kg}\text{-day}$)
IR:	Inhalation rate per day ($20\text{m}^3/\text{day}$)
BW :	Body weight (70kg)
CF2 :	Conversion Factor ($0.001\text{mg}/\mu\text{g}$)
※ 여기서 IR은 성인표준 안정시 호흡율로 $20 \text{ m}^3/\text{day}$가 적용되며, BW는 미국 성인 평균체중인 70kg이 적용된다.	

- DNEL 값을 이용한 RfCwork 결정

DNEL값은 유럽연합에서 수행된 발암성 용량-반응평가값이다. DNEL은 작업장 근로자에 적용하기 위한 값과 일반인에게 적용하기 위한 값이 있을 수 있다. 작업장 근로자에게 적용하기 위한 DNELwork이 제공되는 경우에는 별도의 변환계수를 적용하지 않고 이 값을 RfCwork로 직접 적용할 수 있다. 다만, 이

경우에도 외삽비율을 확인하여 외삽비율이 1 : 104수준으로 변환하여 적용한다. DNELwork이 제공되지 않고 DNEL만 이용 가능한 경우에는 노출특성을 보정하고 외삽비율을 1 : 104 수준으로 변환하여 적용한다.

- BMDL10 값을 이용한 RfCwork 결정

평가 대상 물질에 대한 미국 환경보호청(US EPA), 유럽연합 ECHA 등의 신뢰성이 확보된 기관에서 제공하는 흡입단위위험도(IUR), 경구경사값(SF) 또는 DNEL값은 없으나, 발암성에 대한 용량-반응평가 자료가 존재하여 BMDL10 값을 추정할 수 있는 경우가 있다. 이와 같이 BMDL10 등의 값이 있는 발암성 물질에 대해서는 아래 <표 Ⅱ-7>에 나타난 방법에 준하여 작업장참고농도(RfCwork)값을 구한다.

<표 II-7> BMDL10 등 발암성 시험값을 이용한 RfCwork값 산정 방법

Steps		T25	BMDL ₁₀
POD	Relevant Dose descriptor	20 mg/kg/day (rat, oral)	10 mg/kg/day (rat, oral)
Step 1	Route-specific bioavailability 50% oral / 100% inhalation	0.5	0.5
	Adjustment for route 0.8 l/min/kg, 8h = 0.384 m ³ /kg /8hr	1/0.384	1/0.384
	Activity rest/light activity	6.7/10	6.7/10
	Occupational lifetime exposure 7/5 * 70/40 = 2.45	2.45	2.45
	Step 1 correction summary	20 * 0.5 * 1/0.384 * 6.7/10 * 2.45 = 42.8 mg/m ³	10 * 0.5 * 1/0.384 * 6.7/10 * 2.45 = 21.4 mg/m ³
Step 2	allometric acalling	4	4
	low dose extrapolation(10 ⁻⁴ risk) 1/25,000 for T25 1/10,000 for DMDL10	2500	1000
	Step 2 correction summary	42.8 / (4 * 2500) = 0.004 mg/m ³	21.4 / (4 * 1000) = 0.005 mg/m ³

▶ 비발암성 물질에 대한 용량-반응평가

비발암성 물질의 용량-반응평가는 NOAEL/LOAEL 또는 BMD값을 이용하여 무영향기준농도를 정하는 과정이다. 비발암성 평가의 경우에도 발암성 평가에 서와 유사하게 외국 기관에서 제공하고 있는 용량-반응평가값을 얻을 수 있다. 즉, 미국 EPA에서는 RfC 또는 RfD값을 제공하고 있으며, 유럽연합의

ECHA에서도 일부 물질에 대하여 DNEL 값을 제공하고 있다. 그러나 비발암성 평가의 경우에는 기관별로 보정계수의 적용시 기관별 차이가 발암성평가보다는 크기 때문에 외국기관에서 제공하는 용량-반응평가값의 직접적인 적용은 권고되지 않는다. 미국 EPA의 RfC값 계산방법, 유럽연합 ECHA의 DNEL 산정방법, 일본 후생노동성에서의 평가수준 산정방법이 서로 다르기 때문에 어떤 기관에서 제공하는 용량-반응평가값을 사용하는지에 따라 평가값이 달라지기 때문이다. 즉, 일반적으로 같은 NOAEL값을 사용하여 용량-반응평가를 실시하면 RfC보다 DNEL은 11.8배, 평가수준은 29.4배 높게 나게 됨을 알 수 있다. 이와 같이 나타나는 이유는 일차적으로 EPA에서는 70kg의 일반인이 1일 24시간 365일간 (안정상태에서) 70년간 노출을 기준으로 RfC 또는 RfD를 구하고 있어 노출조건이 작업장 조건과 다르기 때문이다. 불확실성 계수의 적용에 있어서도 동물시험결과의 사람에 대한 외삽의 경우 미국, 유럽연합, 일본 모두 다른 값을 적용하고 있다. 사람간 감수성의 차이에 대한 보정에 있어서도 EPA는 10, 유럽연합은 5, 일본은 1을 적용하고 있으며, 시험기간에 대한 불확실성에 있어서도 기관별로 차이가 나타나고 있다. 아래 <표 II-8>에 적용사례를 정리하였다.

<표 II - 8> 비발암성 물질의 용량-반응평가 적용 사례 - 흡입독성 자료를 이용한 경우

Step		RfC	DNEL _{workplace}	평가수준
POD	NOAEL	NOAEL 100 mg/m ³ (rat, inhalation) 1일 6시간, 주 5일 13주 반복 노출	NOAEL 100 mg/m ³ (rat, inhalation) 1일 6시간, 주 5일 13주 반복 노출	NOAEL 100 mg/m ³ (rat, inhalation) 1일 6시간, 주 5일 13주 반복 노출
Quantitative correction	NOAEL _{adj}	$6/24 * 5/7 * 0.83/0.83 = 0.17$	$NOAEL * 6/8 * 5/5 * 0.83/1.25 = 0.5NOAEL$	$NOAEL * 6/8 * 5/5 * 0.83/1.25 = 0.5NOAEL$
	NOAEL _{hec}	1 (0.14 if affect on ET _j)	1 (0.14 if affect on ET _j)	-
	NOAEL _{correction}	0.17NOAEL	0.5NOAEL	0.5NOAEL
Uncertain correction	Interspecies	3	2.5	10
	Intraspecies	10	5	1
	Duration	3	2	1
	Severity	1	1	1
	Quality	1	1	1
	Final	0.17/100 * NOAEL	0.5/25 * NOAEL	0.5/10 * NOAEL
Result		0.17 mg/m ³	2 mg/m ³	5 mg/m ³

따라서 특히 비발암성 평가에 있어 연구자별 보정계수의 적용에 있어 통일된 기준의 제시가 중요하다. 여기서는 연구자간의 보정계수의 적용에 대한 편차를

줄이기 위하여 미국 EPA, 유럽연합 ECHA, 일본 후생노동성의 방법을 종합하여 우리나라에 적합한 기준농도를 제시하고자 한다.

KOSHA GIDE(W-6-2016) 화학물질의 유해성·위험성 평가지침에서의 작업장 참고농도(RfC_{work}, workplace reference concentration)는 유럽연합의 DNEL을 기본으로 하여 미국 EPA 방식을 보완하여 아래 표의 방법을 기본으로 하여 전문가의 판단에 따라 구하는 것을 제안하고 있다.

<표 II-9> 비발암성 물질의 용량-반응평가 보정계수 통일화 지침

Step			RfC _{work}
POD	NOAEL		NOAEL 100 mg/m ³ (rat, inhalation) 1일 6시간, 주 5일 13주 반복 노출
Quantitative correction	NOAEL _{adj}		6/8 * 5/5 * 0.83/1.25 = 0.5
	NOAEL _{hec}		1 (0.14 if affect on ET _j)
Uncertain correction	Interspecies		3
	Intraspecies		5
	Duration	≥ 4 week	6
		≥ 13 week	2
		≥ 6 month	1
	Severity	NOAEL, BMD	1
		LOAEL	5
	Quality		1

위 표에 제시된 방법을 적용할 경우, NOAEL_{adj}값의 NOAEL_{hec}값으로의 환산은 노출이 경구로 이루어질 때와 흡입으로 이루어질 때 서로 다르다. 먼저

경구로 이루어질 경우 동물시험자료를 사람에게 적용할 경우 독성물질의 동태학적 차이는 체중의 3/4승에 비례하는 것으로 알려져 있다. 따라서 즉, $\frac{(BW_{hum}/BW_{ani})}{(BW_{hum}/BW_{ani})^{0.75}} = (\frac{BW_{hum}}{BW_{ani}})^{0.25}$ 에 따라서 적용된다. 시험동물별 보정계수(DAF)는 다음 <표 II-10>와 같다.

<표 II-10> 경구독성 시험에서 시험동물별 보정계수

Species	Weight (kg)	보정계수 (DAF)	사람 체중	
			70kg	60kg
Mouse	0.03	7	6.95	6.69
Rat	0.25	4	4.09	3.94
Hamster	0.11	5	5.02	4.83
Guinea Pig	0.8	3	3.06	2.94
Rabbit	2	2.4	2.43	2.34
Monkey	4	2	2.05	1.97
Dog	18	1.4	1.40	1.35

흡입으로 노출될 경우에는 영향을 주는 장소에 따라서 보정계수가 달라진다. 예를 들어 화학물질이 Extrathoracic region(흉곽부위)에 영향을 줄 경우, $\frac{(VE/SA)_{ani}}{(VE/SA)_{hum}}$ 의 값이 0.14로 NOAELhec값을 구하기 위해 NOAELadj에 0.14를 곱해야 하지만, Tracheobronchial Region(기관지 주변)에 영향을 줄 경우와 Pulmonary Region(폐 주변)에 영향을 줄 경우에는 $\frac{(VE/SA)_{ani}}{(VE/SA)_{hum}}$ 의 값이 각각 1.4와 1.6으로 NOAELhec가 NOAELadj보다 높게 된다. 입자상 물질의 보정계수는 $\frac{(F*VE/SA)_{ani}}{(F*VE/SA)_{hum}}$ 이며, 전신독성을 일으키는 물질의 보정계수는 $\frac{(Hb/g)_{ani}}{(Hb/g)_{hum}}$ 으로 모두 기본값이 1이다.

미국 환경보호청(US EPA)에서 제공하는 RfC 값을 사용하여 RfCwork를 구하고자 하는 경우 특히 주의가 필요하다. 먼저 RfC는 70kg의 성인이 1일 24시

간 계속해서 노출되었을 했을 경우의 무영향 농도이다. 따라서 우리나라 작업장에서 사용하기 위해서는 우리나라 실정에 따른 보정이 필요하다. 60kg의 근로자가 1일 8시간 노출 시의 작업장 참고농도는 아래 표의 절차에 따라 산출한다. RfC를 국내 작업장 값으로 변환하였다면, 불확실성 계수의 적용에 대해서 다시 검토하여야 한다. 특히 최근 미국 EPA에서는 비발암성 평가에 대한 기준 및 적용이 달라지고 있어 이전에 평가한 화학물질에 대한 RfC의 사용은 더욱 신중하여야 한다. 아래 <표 II-11>에 RfCwork를 보정하는 방법을 공식화 하였다.

**<표 II-11> 미국 환경보호청의 RfC를 사용하여 RfCwork를
보정하는 방법**

$$RfC_{work} = RfC * CF * UFC$$

여기서 CF 는

$$= \left(\frac{\text{미국성인1일호흡량}}{\text{한국근로자8시간호흡량}} * \frac{\text{미국성인연노출일}}{\text{한국근로자연노출일}} \right) / \left(\frac{\text{미국성인체중}}{\text{한국근로자체중}} \right)$$

$$= \left(\frac{20m^3}{10m^3} * \frac{365days}{260days} \right) / \left(\frac{70kg}{60kg} \right) = 2.4$$

or

$$= \frac{\text{미국성인1일호흡량}}{\text{한국근로자8시간호흡량}} * \frac{\text{미국성인연노출일}}{\text{한국근로자연노출일}}$$

$$= \frac{20m^3}{10m^3} * \frac{365days}{260days} = 2.8$$

UFC는 불확실성 계수 적용 보정

2) 연구대상 물질 국내 취급실태 분석

(1) 화학물질 정보공개 통계조사 분석

화학물질안전원에서 제공하는 화학물질 정보공개 통계조사 자료(2014년)를 활용하여 연구대상 화학물질의 사업장 일반정보(업종, 업체명, 소재지, 유입수계), 취급량(제조, 수입, 사용, 판매량), 유통량(화학물질 입·출고량, 보관·저장량), 관련정보(취급시설 종류, 위치 및 규모 정보) 등을 분석한다.

(2) 고용노동부 작업환경실태조사 검토

작업환경실태조사(2009년, 2014년) 결과 검토를 통해 연구대상 화학물질의 화학물질 업체규모, 근무형태, 취급 근로자수, 연간 취급량 등 취급현황을 분석한다.



[그림 II - 3] 고용노동부 작업환경실태조사 자료 분석

(3) 한국무역협회 자료 검토

한국무역협회는 수출입신고서에 따라 화학물질의 수출·수입량에 대한 금액, 중량(kg), 수량, 증가율 정보를 년도별로 아래 [그림 Ⅱ-4]와 같이 제공하고 있다. 본 연구에서는 연구대상물질 26종에 대한 최근 6년간(2011~2016)의 수출입 현황 자료를 검토한다.

한국무역협회 > 품목별수출입 > 품목의 수출입

품목: HSK 2902200000 벤젠

년월별

수출입: 수출 수입구분: ===== 화면선택: 금액 중량 당월/누계: 누계 단위: 천톤, Kg

년도	금액	중량	항명	2011	
				금액	중량
2012	1,851,739	1,560,416,518	01	118,692	115,745,133
2011	1,550,068	1,425,365,509	02	240,803	227,265,693
2010	1,142,015	1,267,473,414	03	409,888	374,335,598
2009	813,880	1,252,504,546	04	571,078	512,047,221
2008	1,221,853	1,230,335,446	05	755,512	670,571,011
2007	1,182,847	1,165,091,153	06	841,453	747,529,267
2006	1,024,579	1,221,408,271	07	976,550	870,748,045
2005	997,308	1,179,327,678	08	1,103,357	983,153,214
2004	849,061	1,052,204,103	09	1,239,674	1,108,737,554
2003	979,250	877,972,904	10	1,337,960	1,208,113,199
2002	154,202	468,044,904	11	1,437,565	1,310,597,547
2001	152,046	536,677,453	12	1,550,068	1,425,365,509

[그림 Ⅱ-4] 한국무역협회의 품목별 수출입 통계

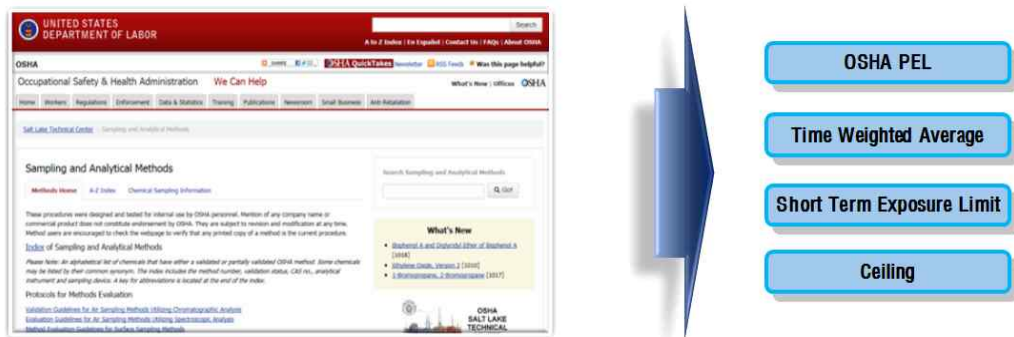
3) 선정 화학물질의 국내외 화학물질 규제수준 조사

(1) 연구대상 화학물질에 대한 국내외 노출기준 조사

연구대상 화학물질에 대한 국내 고용노동부를 포함한 국외 여러 국가(오스트레일리아, 오스트리아, 벨기에, 캐나다, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 헝가리, 아일랜드, 라트비아, 뉴질랜드, 폴란드, 싱가포르, 스페인, 스웨덴, 스위스, 영국 등)들의 노출기준치를 TWA(Time Weighted Average)와 STEL(Short Term Exposure Limit)로 각각 분류하여 조사한다.

(2) 미국 OSHA의 허용기준(Permissible Exposure Limits) 검토

26종 화학물질에 대한 미국 OSHA의 허용기준(Permissible Exposure Limits)과 TWA(Time Weighted Average), STEL(Short Term Exposure Limit), C(Ceiling)를 함께 검토하여 비교 분석을 실시한다.



[그림 II -5] 미국 OSHA 허용기준 검토

(3) 국내외 타 부처의 규제기준 고찰

26종 연구대상물질에 대한 고용노동부의 산업안전보건법, 환경부 화학물질관

리법, 소방청 위험물안전관리법, 환경부 폐기물관리법 내 규제기준을 고찰할 계획이며, 국외 자료로는 미국관리정보 CECLA 규정, EPCRA 313규정 등을 조사한다.



[그림 II -6] 연구대상 물질 대상 국내외 타부처 규제기준 고찰

(4) 안전보건공단 및 환경부의 GHS 분류결과 조사

안전보건공단 및 환경부에서 각각 제안하는 연구대상물질의 GHS 분류결과를 비교 조사할 계획이다. 조사항목에는 건강유해성(급성독성(경구, 경피, 흡입), 피부부식성/자극성, 심한눈손상/자극성, 호흡기과민성, 피부과민성, 발암성, 생식세포변이원성, 생식독성, 특정표적장기독성(1회노출, 반복노출), 흡인유해성), 환경유해성(수생환경독성(급성,만성)) 2가지 항목으로 분류하여 조사한다.



[그림 11-7] 연구대상 물질 대상 안전보건공단 및 환경부 GHS 분류결과 비교 조사

4) 유해성·위험성 평가 우선순위 선정 절차

(1) 건강유해성 구분별 가중치 부여

화학물질의 유해성위험성 평가 지침(KOSHA GUIDE, W-6-2016)에 의거, 건강유해성 항목별 아래 <표 II-12>에서 주어진 바와 같이 가중치를 부여하고 부여된 가중치 중 가장 높은 항목의 점수를 해당 물질의 유해성 가중치로 선정한다.

<표 II-12> 건강유해성 구분별 가중치 부여 기준

유해성 항목	구분1		구분 2	구분 3	구분 4	자료 없음	분류되지 않음	해당 없음
	1A	1B						
급성경구(경구, 경피, 흡입)	5		4	2	1	0	0	0
자극성 (피부, 눈)	5		4	0	0	0	0	0
과민성	호흡기		6	0	0	0	0	0
	피부		5	0	0	0	0	0
생식세포변이원성	10	9	7	0	0	0	0	0
생식독성	10	9	7	0	0	0	0	0
발암성	10	9	7	0	0	0	0	0
표적장기독성(1회)	0		0	4	0	0	0	0
표적장기독성(반복)	6		5	0	0	0	0	0
흡인유해성	4		2	0	0	0	0	0

(2) 직업병 발생 평가 항목 가중치

화학물질의 유해성위험성 평가 지침(KOSHA GUIDE, W-6-2016)에 근거하여 직업병 발생 평가 항목 가중치는 국내·외 직업병 발생 여부를 고려하여 <표 II-13>와 같이 중대한/상당한/일반 건강장해에 따라 10점, 7점, 2점으로 가중치를 부여하였다.

<표 II-13> 직업병 발생 평가 항목 가중치 부여 기준

건강장해 정도	분류 기준	가중치
중대한 건강장해	직업적 노출에 의한 국외 사망 사고 사례(ACGIH)	10
	직업적 노출에 의한 국내 사망 사고 발생 사례	
	직업적 노출에 의한 비가역적 건강영향 보고사례(ACGIH)	
	직업적 노출에 의한 국내 만성질환의 사례(암 등)	
상당한 건강장해	직업적 노출에 의한 국내 만성질환의 사례(접촉성 피부염 등)	7
	직업적 노출에 의한 가역적 건강영향 보고사례(ACGIH)	
일반 건강장해	직업적 노출에 따른 급성질환 환의 사례	2

(3) 노출가능성 고려한 가중치 부여

화학물질의 유해성위험성 평가 지침(KOSHA GUIDE, W-6-2016)에 근거하여 노출가능성 평가를 위한 가중치는 국내 취급사업장 수, 국내 노출근로자 수, 국내 취급량 및 유통량 자료를 이용하여 <표 II-14>와 같이 가중치를 부여하였다.

또한, 본 연구에서는 전년도 자료 대비 가장 최근 자료의 취급장 수와 노출 근로자 수, 국내 취급량(유통량)의 변동율에 추가 가중치 부여기준을 설정하였다(<표 II-14> 및 <표 II-15>).

<표 II-14> 노출가능성 고려한 가중치 부여기준

구분	기준	구분 1	구분 2	구분 3	구분 4	구분 5	구분 외
국내 취급장 수	취급장 수 (개소)	300 이상	100 이상, 300 미만	50 이상, 100 미만	5 이상, 50 미만	5 미만	-
	가중치	10	8	6	4	2	0
국내 노출 근로자 수	노출 근로자 수 (명)	300 이상	100 이상, 300 미만	50 이상, 100 미만	5 이상, 50 미만	5 미만	-
	가중치	10	8	6	4	2	0
국내 취급량 (또는 유통량)	연간 취급량 (톤)	1000 이상	10이상, 1000미 만	1 이상, 10 미만	0.1 이상, 1 미만	0.1 미만	
	가중치	20	16	12	8	4	0

<표 II-15> 변동비율에 따른 가중치 부여기준

가중치	기준 (%)
3	≥ 70
2	$30 \leq a < 70$
1	$1 \leq a < 30$
0	< 1

(4) 근로자 노출평가 결과 조사

본 연구에서는 근로자 노출평가 결과를 상기 항목들과 함께 고려하여 사회경제성 평가 우선 관리 물질 선정에 적용하였다. 각 가중치별 기준의 범위 선정의 경우 연구대상 화학물질의 모든 노출평가(초과율) 결과를 나열하여 해당 데이터에 대한 95% 신뢰구간내 10개 항목(10점: 95%, 9점: 85%, 8점: 75%, 7점: 65%, 6점 55%, 5점 45%, 4점 35%, 3점 25%, 2점 15%, 1점 5%)으로 표준편차를 분류하여 각각 선정하였다.

<표 II-16> 근로자 노출평가(초과율) 점수 부여 기준

가중치	기준 (%)
10 ($\geq 95\%$)	≥ 85
9 ($85\% \leq a < 95\%$)	$30 \leq a < 85$
8 ($75\% \leq a < 85\%$)	$10 \leq a < 30$
7 ($65\% \leq a < 75\%$)	$6 \leq a < 10$
6 ($55\% \leq a < 65\%$)	$3 \leq a < 6$
5 ($45\% \leq a < 55\%$)	$2 \leq a < 3$
4 ($35\% \leq a < 45\%$)	$0.5 \leq a < 2$
3 ($25\% \leq a < 35\%$)	$0.1 \leq a < 0.5$
2 ($15\% \leq a < 25\%$)	$0.05 \leq a < 0.1$
1 ($5\% \leq a < 15\%$)	$0.01 \leq a < 0.05$
0 ($< 5\%$)	< 0.01

5) 선정 화학물질의 26종에 대한 사회성·경제성 평가

(1) 기초 현황조사

- 허용기준 설정대상 유해인자로 관리수준이 변경되는 26종의 대상 화학물질을 취급하는 사업장의 수, 규모, 근로자수 등 규제대상의 기초 현황을 파악함

(2) 법규분석

- 대상 화학물질들이 허용기준 설정대상 유해인자로 선정 시 사업체가 부담해야 하는 비용을 정확히 파악하기 위해 관련 산업안전보건법을 면밀히 조사함

(3) 사업체대상 설문조사

- 규제의 비용과 편익의 양태 및 규모를 파악하여 통계적으로 활용하기 위하여 피규제자인 사업체를 대상으로 설문조사를 실시함

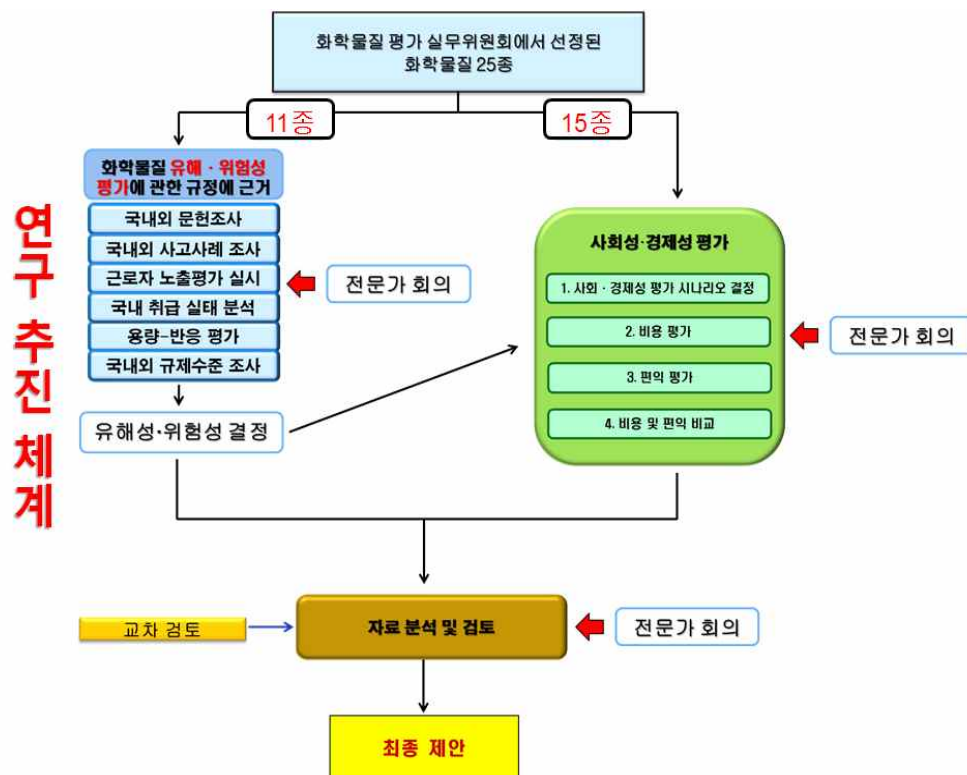
(4) 전문가대상 델파이조사 및 설문조사

- 규제의 비용 및 편익의 양태 및 규모에 대한 개념화 및 실태의 파악, 설문조사 기획을 위하여 산업안전보건 전문가를 대상으로 한 델파이 설문조사를 실시함
- 델파이 기법은 전문가의 경험과 지식을 바탕으로 한 전문적 견해에 근거하여 미래예측을 시도하는 방법으로, 화학물질 분야에서도 사용될 수 있음
- 화학물질 관리수준 변경에 따른 비용편익분석 자료가 부족하며, 화학물질 분야의 특성상 전문가의 경험과 지식에 기반 한 전문적 견해가 절대적으로 필요함

3. 연구추진계획

1) 연구추진체계

본 연구를 추진하기 위한 계획 체계도는 다음 [그림 II-8]과 같다.



[그림 II-8] 연구 추진 계획 체계도

Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

1. 선정 화학물질 대상 유해성·위험성 평가

1) 국내외 문헌조사 등 연구자료 활용을 통한 유해성 확인

(1) 안전보건공단 물질안전보건자료 근거 대상 화학물질 유해성 및 물리·화학적 특성 정리

대상 화학물질 26종을 산업안전보건공단 물질안전보건자료(MSDS)를 이용하여 물질명(CAS No) 및 GHS 건강 유해성 분류, 물리·화학적 특성 등을 아래 <표 Ⅲ-1>과 같이 정리하였다.

<표 III-1> 연구대상물질의 GHS에 따른 유해성 분류

번호	물질명 [CAS No]	GHS 건강유해성 분류	물리·화학적 특성								
1	삼수소화비소 [7784-42-1]	인화성 가스 구분1, 급성 독성(흡입) 구분1, 급성수생환경유해성 구분1, 만성수생환경유해성 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	자료없음	ACGIH	자료없음	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 기체 분자량: 77.946 끓는점: -62.5℃ 녹는점: -116℃ 인화점: 자료없음
IARC	자료없음										
ACGIH	자료없음										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										
2	암모니아 [7664-41-7]	인화성 가스 구분1, 피부부식성/피부자극성 구분1, 생식독성변이원성 구분2, 특정표적장기독성(1회) 구분1, 특정표적장기독성(반복) 구분2, 급성수생 환경유해성 구분1, 만성수생환경유해성 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	자료없음	ACGIH	자료없음	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 압축액화가스 분자량: 17.03 끓는점: -33℃ 녹는점: -78℃ 인화점: 자료없음
IARC	자료없음										
ACGIH	자료없음										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										

77 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

3	메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트 [101-68-8]	급성독성(흡입) 구분2, 피부부식성/피부자극성 구분2, 심한눈손상성/눈자극성 구분2, 호흡기과민성 구분1, 피부과민성 구분1, 발암성 구분2, 특정표적장기독성(1회) 구분3, 특정표적장기독성(반복) 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>Group 3</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>2</td></tr></table>	IARC	Group 3	ACGIH	자료없음	NTP	자료없음	EU CLP	2	물질성상: 고체 분자량: 250.25 끓는점 314℃ 녹는점: 37℃ 인화점: 196℃
IARC	Group 3										
ACGIH	자료없음										
NTP	자료없음										
EU CLP	2										
4	염소 [7782-50-5]	산화성가스 구분1, 급성독성(흡입) 구분2, 피부부식성/피부자극성 구분1, 심한눈손상성/눈자극성 구분1, 특정표적장기독성(1회) 구분1, 특정표적장기독성(반복) 구분1, 급성수생환경유해성 구분1, 만성수생환경유해성 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A4</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	자료없음	ACGIH	A4	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 압축액화가스 분자량: 70.905 끓는점: -34℃ 녹는점: -101℃ 인화점: 자료없음
IARC	자료없음										
ACGIH	A4										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										

5	브롬화 메틸 [74-83-9]	인화성가스 구분1, 극성독성(경구) 구분3, 급성독성(흡입) 구분3, 피부부식성/피부자극성 구분2, 심한눈손상성/눈자극성 구분2, 생식세포변이원성 구분2, 특정표적장기독성(1회) 구분1, 특정표적장기독성(반복) 구분1, 급성수생환경유해성 구분1, 만성수생환경유해성 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>Group 3</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A4</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	Group 3	ACGIH	A4	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 가스 분자량: 95 끓는점: 4℃ 녹는점: -94℃ 인화점: 194℃
IARC	Group 3										
ACGIH	A4										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										
6	수산화나트륨 [1310-73-2]	피부부식성/피부자극성 구분1, 심한눈손상성/눈자극성 구분1, 특정표적장기독성(1회) 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	자료없음	ACGIH	자료없음	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 흡습성고체 분자량: 40 끓는점: 1390℃ 녹는점: 318℃ 인화점: 자료없음
IARC	자료없음										
ACGIH	자료없음										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										

79 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

7	산화에틸렌 [75-21-8]	인화성가스 구분1, 급성독성(경구) 구분3, 급성독성(흡입) 구분3, 피부부식성/피부자극성 구분2, 심한눈손상성/눈자극성 구분2, 생식세포변이원성 구분1B, 발암성 구분1A, 특정표적장기독성(1회) 구분1, 특정표적장기독성(반복) 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>Group 1</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A2</td></tr><tr><td>NTP</td><td>K</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>1B</td></tr></table>	IARC	Group 1	ACGIH	A2	NTP	K	EU CLP	1B	물질성상: 압축액화가스 분자량: 44.1 끓는점: 11℃ 녹는점: -111℃ 인화점: -55℃
IARC	Group 1										
ACGIH	A2										
NTP	K										
EU CLP	1B										
8	염화비닐 [75-01-4]	인화성가스 구분1, 피부부식성/피부자극성 구분2, 심한눈손상성/눈자극성 구분2, 발암성 구분1A, 특정표적장기독성(1회) 구분1, 특정표적장기독성(반복) 구분1, 만성수생환경유해성 구분3 <table><tr><td>IARC</td><td>Group 1</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>NTP</td><td>K</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>1A</td></tr></table>	IARC	Group 1	ACGIH	자료없음	NTP	K	EU CLP	1A	물질성상: 기체 또는 액체 끓는점: -13.3℃ 녹는점: -153.7℃ 인화점: -78℃ 분자량: 62.5
IARC	Group 1										
ACGIH	자료없음										
NTP	K										
EU CLP	1A										

9	황산 [7664-93-9]	금속부식성물질 구분1, 급성독성(흡입) 구분2, 피부부식성/피부자극성 구분1, 심한눈손상성/눈자극성 구분1, 발암성 구분1A, 특정표적장기독성(1회) 구분1, 특정표적장기독성(반복) 구분1, 만성수생환경유해성 구분3 <table><tr><td>IARC</td><td>Group 1</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A2</td></tr><tr><td>NTP</td><td>K</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	Group 1	ACGIH	A2	NTP	K	EU CLP	자료없음	물질성상: 액체 끓는점: 340℃ 녹는점: 10 인화점: 불연성 분자량: 98.08
IARC	Group 1										
ACGIH	A2										
NTP	K										
EU CLP	자료없음										
10	1,3-부타디엔 [106-99-0]	인화성가스 구분1, 생식세포 변이원성 구분1B, 발암성 구분1A, 특정표적장기독성(1회) 구분3, 특정표적장기독성(반복) 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>Group 1</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A2</td></tr><tr><td>NTP</td><td>K</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>1A</td></tr></table>	IARC	Group 1	ACGIH	A2	NTP	K	EU CLP	1A	물질성상: 기체(가스) 끓는점: -4℃ 녹는점: -109℃ 인화점: -76℃ 분자량: 54.09
IARC	Group 1										
ACGIH	A2										
NTP	K										
EU CLP	1A										

81 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

11	1,2-디클로로프로판 [78-87-5]	인화성액체 구분2, 급성독성(경구) 구분4, 급성독성(흡입:증기) 구분3, 심한 눈 손상성/눈자극성 구분2, 발암성 구분1A <table><tr><td>IARC</td><td>Group 1</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A4</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	Group 1	ACGIH	A4	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 액체 끓는점: 96.4℃ 녹는점: -100.4℃ 인화점: 13-15℃ 분자량: 113
IARC	Group 1										
ACGIH	A4										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										
12	톨루엔 [108-88-3]	인화성액체 구분2, 급성독성(흡입: 증기) 구분4, 피부부식성/피부자극성 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분2, 생식독성 구분2, 특정표적장기독성(1회) 구분1, 특정표적장기독성(1회) 구분3(마취작용), 특정표적장기독성(1회) 구분3(호흡기계 자극), 특정표적장기독성(반복) 구분1, 흡인유해성 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>Group 3</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A4</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	Group 3	ACGIH	A4	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 액체 분자량: 92.14 끓는점: 111℃ 녹는점: -95℃ 인화점: 4℃
IARC	Group 3										
ACGIH	A4										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										

13	수은 [7439-97-6]	급성독성(흡입: 증기) 구분1, 피부 부식성/피부 자극성 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분2, 피부 과민성 구분1, 생식독성 구분1B, 특정표적장기 독성(1회) 구분1, 특정표적장기독성(반복) 구분1, 만성 수생환경 유해성 구분4 <table><tr><td>IARC</td><td>Group 3</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A4</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	Group 3	ACGIH	A4	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 점성 액체 분자량: 200.59 끓는점 357℃ 녹는점: -39℃ 인화점: 자료없음		
IARC	Group 3												
ACGIH	A4												
NTP	자료없음												
EU CLP	자료없음												
14	휘발성콜타르피치 [65996-93-2]	발암성 1A, 피부 부식성/피부자극성 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분2, 특정표적장기 독성(1회) 구분3, 만성 수생환경 유해성 구분4 <table><tr><td>IARC</td><td>Group 1</td></tr><tr><td>OSHA</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A1</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>1A</td></tr></table>	IARC	Group 1	OSHA	자료없음	ACGIH	A1	NTP	자료없음	EU CLP	1A	물질성상: 고체 분자량: 자료없음 끓는점: >250℃ 녹는점: 30~180℃ 인화점: >200℃
IARC	Group 1												
OSHA	자료없음												
ACGIH	A1												
NTP	자료없음												
EU CLP	1A												

83 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

15	일산화탄소 [630-080-0]	인화성 가스 구분1, 고압가스 압축가스, 급성독성 구분 3, 생식독성 구분 1A, 특정표적장기 독성(1회) 구분1, 특정표적장기 독성(반복) 구분2 <table><tr><td>IARC</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	자료없음	ACGIH	자료없음	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 압축가스 분자량: 28.01 끓는점: -191℃ 녹는점: -205℃ 인화점: 자료없음
IARC	자료없음										
ACGIH	자료없음										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										
16	베릴륨[7440-41-7] 및 그 화합물	인화성 고체 구분1, 호흡기 과민성 구분1, 피부 과민성 구분1, 발암성 구분1A, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1, 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1, 만성 수생환경 유해성 구분4 <table><tr><td>IARC</td><td>1</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A1</td></tr><tr><td>NTP</td><td>K</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>1B</td></tr></table>	IARC	1	ACGIH	A1	NTP	K	EU CLP	1B	물질성상: 고체, 분말 분자량: 9 끓는점: >2500℃ 인화점: 자료없음 녹는점: 1287℃
IARC	1										
ACGIH	A1										
NTP	K										
EU CLP	1B										

17	니켈카보닐 [13463-39-3]	인화성 액체 구분2, 급성 독성(흡입: 증기) 구분1, 피부 부식성/피부 자극성 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분1, 호흡기 과민성 구분1, 발암성 구분1A, 생식독성 구분1B, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A3</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>2</td></tr></table>	IARC	자료없음	ACGIH	A3	NTP	자료없음	EU CLP	2	물질성상: 휘발성 액체 분자량: 170.73 끓는점: 43℃ 녹는점: -19℃ 인화점: <-20℃
IARC	자료없음										
ACGIH	A3										
NTP	자료없음										
EU CLP	2										
18	아크릴로니트릴 [107-13-1]	인화성 액체 구분2, 급성 독성(경구) 구분3, 급성 독성(경피) 구분2, 급성 독성(흡입: 증기) 구분2, 피부 부식성/피부 자극성 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분2, 피부 과민성 구분1, 발암성 구분1B, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3(호흡기계 자극), 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3(마취작용), 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>2B</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A3</td></tr><tr><td>NTP</td><td>R</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>1B</td></tr></table>	IARC	2B	ACGIH	A3	NTP	R	EU CLP	1B	물질성상: 액체 끓는점: 77℃ 녹는점: -84℃ 인화점: -1.1℃ 분자량: 53.06
IARC	2B										
ACGIH	A3										
NTP	R										
EU CLP	1B										

85 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

19	스티렌 [100-42-5]	인화성 액체 구분3, 급성 독성(흡입: 증기) 구분4, 피부 부식성/피부 자극성 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분2, 발암성 구분2, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3(호흡기계 자극), 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1, 흡인 유해성 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>2B</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A4</td></tr><tr><td>NTP</td><td>R</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	2B	ACGIH	A4	NTP	R	EU CLP	자료없음	물질성상: 액체 끓는점: 146℃ 녹는점: -31℃ 인화점: 31℃ 분자량: 104.14
IARC	2B										
ACGIH	A4										
NTP	R										
EU CLP	자료없음										
20	메틸알코올 [67-56-1]	인화성 액체 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분2, 생식독성 구분1B, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	자료없음	ACGIH	자료없음	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 액체 끓는점: 65℃ 녹는점: -98℃ 인화점: 12℃ 분자량: 32.04
IARC	자료없음										
ACGIH	자료없음										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										

21	망간[7439-96-5] 및 그 무기화합물	생식독성 구분1B, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1, 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1, 만성 수생환경 유해성 구분4 <table><tr><td>IARC</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A4</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	자료없음	ACGIH	A4	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 고체 끓는점: 1962℃ 녹는점: 1244℃ 인화점: 자료없음 분자량: 54.94
IARC	자료없음										
ACGIH	A4										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										
22	아닐린과 아닐린 동족체 [62-53-3]	급성 독성(경구) 구분4, 급성 독성(경피) 구분3, 급성 독성(흡입: 증기) 구분2, 급성 독성(흡입: 분진/미스트) 구분4, 피부 부식성/피부 자극성 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분2, 피부 과민성 구분1, 생식세포 변이원성 구분2, 발암성 구분2, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1, 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1, 급성 수생환경 유해성 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>3</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A3</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>2</td></tr></table>	IARC	3	ACGIH	A3	NTP	자료없음	EU CLP	2	물질성상: 유성 액체 끓는점: 184℃ 녹는점: -6℃ 인화점: 70℃ 분자량: 93.13
IARC	3										
ACGIH	A3										
NTP	자료없음										
EU CLP	2										

87 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

23	시클로헥사논 [108-94-1]	인화성 액체 구분3, 급성 독성(경구) 구분4, 급성 독성(경피) 구분3, 급성 독성(흡입: 증기) 구분3, 피부 부식성/피부 자극성 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분2, 생식세포 변이원성 구분2, 발암성 구분2, 생식독성 구분2, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3 (호흡기계 자극), 특정표적장기 독성(1회 노출)구분3(마취작용), 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분2, 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 <table><tr><td>IARC</td><td>3</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A3</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	3	ACGIH	A3	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 액체 끓는점: 156℃ 녹는점: -32.1℃ 인화점: 44℃ 분자량: 98.14
IARC	3										
ACGIH	A3										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										
24	코발트[7440-48-4] 및 그 무기화합물	호흡기 과민성 구분1, 피부 과민성 구분1, 발암성 구분2, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3(호흡기계 자극), 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1, 만성 수생환경 유해성 구분4 <table><tr><td>IARC</td><td>2B</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A3</td></tr><tr><td>NTP</td><td>자료없음</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>자료없음</td></tr></table>	IARC	2B	ACGIH	A3	NTP	자료없음	EU CLP	자료없음	물질성상: 자료없음 끓는점: 2870℃ 녹는점: 1493℃ 인화점: 자료없음 분자량: 58.93
IARC	2B										
ACGIH	A3										
NTP	자료없음										
EU CLP	자료없음										

25	디클로로메탄 [75-09-2]	급성 독성(경구) 구분4, 피부 부식성/피부 자극성 구분2, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분2, 발암성 구분2, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3, (마취작용)특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1, 만성 수생환경 유해성 구분2	<table><tr><td>IARC</td><td>2A</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A3</td></tr><tr><td>NTP</td><td>R</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>2</td></tr></table>	IARC	2A	ACGIH	A3	NTP	R	EU CLP	2	물질성상: 액체 끓는점: 40℃ 녹는점: -95℃ 인화점: 자료없음 분자량: 84.93
IARC	2A											
ACGIH	A3											
NTP	R											
EU CLP	2											
26	트리클로로메탄 (클로로포름) [67-66-3]	급성 독성(경구) 구분4, 피부 부식성/피부 자극성 구분1, 심한 눈 손상성/눈 자극성 구분1, 발암성 구분2, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1, 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3, (마취작용)특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1, 만성 수생환경 유해성 구분2	<table><tr><td>IARC</td><td>2B</td></tr><tr><td>ACGIH</td><td>A3</td></tr><tr><td>NTP</td><td>R</td></tr><tr><td>EU CLP</td><td>2</td></tr></table>	IARC	2B	ACGIH	A3	NTP	R	EU CLP	2	물질성상: 휘발성 액체 끓는점: 62℃ 녹는점: -64℃ 인화점: 자료없음 분자량: 119.38
IARC	2B											
ACGIH	A3											
NTP	R											
EU CLP	2											

(2) 유해성 확인

유해성 확인은 어떤 화학물질에 노출되었을 경우 과연 유해한 영향을 유발시키는가를 결정하는 단계로서 아래 <표 Ⅲ-2>와 같이 그 물질에 대한 모든 동물실험자료, 사람에 대한 자료(역학연구) 및 생화학적 유사성에 대한 자료, 물리·화학적인 자료 등을 토대로 그 물질의 유해성 여부를 확인하는 정성적 평가 단계이다.

<표 III-2> 유해성 확인 단계

구분	주요 과정	세부조사내용
1단계	역학 연구 검색	- 사람을 대상으로 원인물질과 영향간의 인과관계를 추론하는 역학 연구검색을 실행하여, 그 결과를 이용하여 동물 실험결과나 보조적 단기실험결과와 함께 그 물질의 독성을 확인한다. - 사람에 대한 적절한 독성 종말점과 관련된 노출수준에 대한 정보가 있다면, 역학연구는 용량-반응평가의 근거자료로도 이용한다. - 정량적인 역학연구 자료가 존재한다면 동물에서 사람으로의 외삽이 필요하지 않으며, 위험성 평가시 동물자료보다 우선순위에 두고 동물자료는 보충적인 정보로 이용한다.
2단계	동물 실험 연구 검색	- 만성독성이나 발암성에 대한 생체 내(In vivo) 연구 결과를 검색하여 그 물질이 발암성은 없으나 독성을 지니는 물질과, 독성과 발암성을 함께 지니는 물질로 구분한다. - 동물 실험에서 독성 또는 발암성에 대해 양성으로 판정되면 항상 그렇지는 않지만 사람에게 있어서 동일한 독성이나 발암 위험의 가능성을 갖는다고 추정할 수 있다. - 대부분의 경우 역학 연구자료의 제한성 때문에 실험동물 결과를 통해 위험성을 유추하게 되는데, 실험 동물자료에서 적절한 독성 종말점(Toxic endpoint)에 대한 무영향관찰용량(NOAEL) 또는 최소독성량(LOAEL)에 관한 정보가 있다면, 정량적인 용량-반응 평가의 근거자료로도 이용한다.
3단계	보충 연구 검색	- 독성에 관한 보충적인 정보를 제공하는 것으로서, 시험관 내(In vitro) 실험 결과, 약물동력학적 연구, 구조-활성 상관관계(Structure-activity relationship) 연구결과 등을 검색한다. - 대사작용 및 다른 약물동력학적 연구는 특정성분의 독성 작용기전(Mechanism of action)에 대한 정보를 제공. 동물과 사람의 대사작용을 비교하여 인체 독성 잠재성을 예측할 수 있고, 사람에게 있어 동일한 독성을 나타내는 용량을 추정하는 것이 가능하다. - 시험관 내(In vitro) 실험은 화학물질의 잠재적·생물학적 활성에 대한 정보를 제공하며, 임의의 화학물질과 구조적으로 관련성이 있는 다른 화학물질의 구조-활성 상관관계(Structure-activity relationship)는 대상 화학물질의 가능한 독성에 대한 정보를 얻을 수 있다.
4단계	유해성 분류	-역학연구, 실험동물연구 및 보충 연구 자료를 바탕으로 특정 화학물질의 인체 독성 유발 가능성을 GHS 분류 기준에 의해 분류한다.

(출처: KOSHA GUIDE W-6-2016)

2) 국내·외 직업병 및 사고사례 조사 분석을 통한 유해성 입증

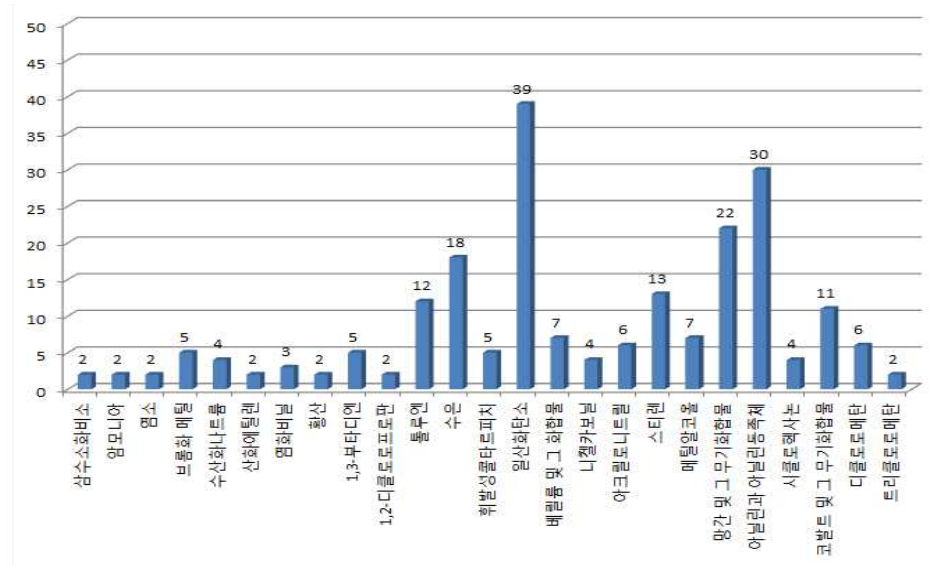
(1) 국내 사고사례 조사

국내 직업병 발생 여부는 국내 사고사례 조사를 토대로 조사한 결과, 연구 대상물질 26중에 12종에 대한 사고사례가 조사되었다. 조사되어진 12종의 물질을 나열해보면, 암모니아, 산화에틸렌, 1,3-부타디엔, 톨루엔, 수은, 일산화탄소, 베릴륨 및 그 화합물, 스티렌, 망간 및 그 무기화합물, 시클로헥사논, 코발트 및 그 무기화합물이 이에 해당된다(세부적인 내용은 부록-1 참조).

(2) 국외 사고사례 조사

연구대상 화학물질에 대한 ACGIH TLV documentation 의 Human study 직업병 발생 여부 조사, 독일의 MAK의 Human study를 이용하여 직업병 발생 여부를 조사하였다. 연구대상 물질별 직업병 사고사례를 조사하여 아래 [그림 Ⅲ-1]에 요약하여 나타냈다.

그 결과 삼수소화비소 2건, 암모니아 2건, 염소 2건, 브롬화 메틸 5건, 수산화 나트륨 4건, 산화에틸렌 2건, 염화비닐 3건, 황산 2건, 1,3-부타디엔 5건, 톨루엔 12건, 수은 18건, 휘발성콜타르피치 5건, 일산화탄소 39건, 베릴륨 및 그 화합물 7건, 니켈카보닐 4건, 아크릴로니트릴 6건, 스티렌 13건, 메틸알코올 7건, 망간 및 그 무기화합물 22건, 아닐란과 아닐린동족체 30건, 시클로헥사논 4건, 코발트 및 그 무기화합물 11건, 디클로로메탄 6건, 트리클로로메탄 2건으로 각각 조사되었다(세부적인 내용은 부록-2 참조).



[그림 III-1] 연구대상 화학물질 26종 국외 직업병 발생 사례

3) 근로자 노출 평가

연구대상 물질 26종을 대상으로 본 연구진에서 제안하는 방법을 통해 최근 6년간의 작업환경측정결과 자료를 활용하여 근로자 노출평가 실시결과를 아래 <표 III-3>~<표 III-15>에 정리하였다.

삼수산화비소를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 102개 시료를 측정하였으며 최대값은 0.003 ppm, 중앙값 0.0001 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.00 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 1.96 %, ACGIH TLV 적용시 0.00 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 1.96 %, 독일 AGS 기준치 적용시 0.00 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 1.96 %로 조사되었다.

암모니아를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 29,386개 시료를 측정하였으며 최대값은 26.69 ppm, 중앙값 0.09 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.01 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 0.33 %,

ACGIH TLV 적용시 0.01 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 0.33 %, 독일 AGS 기준치 적용시 0.09 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 0.64 %로 조사되었다.

메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 3,685개 시료를 측정하였으며 최대값은 0.03 ppm, 중앙값 0.00009 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.54 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 2.82 %, ACGIH TLV 적용시 0.54 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 2.82 %로 조사되었다.

염소를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 3,950개 시료를 측정하였으며 최대값은 1.29 ppm, 중앙값 0.003 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.08 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 0.28 %, ACGIH TLV 적용시 0.08 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 0.28 %, 독일 AGS 기준치 적용시 0.08 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 0.28 %로 조사되었다.

브롬화 메틸를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 22개 시료를 측정하였으며 최대값은 0.21 ppm, 중앙값 0.05 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 및 ACGIH TLV 적용시 초과율이 나타나지 않았다.

수산화나트륨을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 210,343개 시료를 측정하였으며 최대값은 6625 mg/m³, 중앙값 0.06 mg/m³, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.01 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 0.54 %, ACGIH TLV 적용시 0.01 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 0.54 %로 조사되었다.

산화에틸렌을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 8,629개 시료를 측정하였으며 최대값은 14.80 ppm, 중앙값 0.06 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.70 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 5.16 %, ACGIH TLV 적용시 0.70 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 5.16

%, 독일 AGS 기준치 적용시 0.70 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 5.16 %로 조사되었다.

염화비닐을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 1,448개 시료를 측정하였으며 최대값은 0.99 ppm, 중앙값 0.07 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.00 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 3.52 %, ACGIH TLV 적용시 0.00 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 3.52 %로 조사되었다.

황산을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 66,082개 시료를 측정하였으며 최대값은 2.22 ppm, 중앙값 0.01 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.08 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 1.76 %, ACGIH TLV 적용시 0.08 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 1.76%, 독일 AGS 기준치 적용시 1.76 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 10.56 %로 조사되었다.

1,3부타디엔을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 1,487개 시료를 측정하였으며 최대값은 4.97 ppm, 중앙값 0.09 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.87 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 2.69 %, ACGIH TLV 적용시 0.87 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 2.69 %, 독일 AGS 기준치 적용시 0.87 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 2.69 %로 조사되었다.

1,2-디클로로프로판을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 318개 시료를 측정하였으며 최대값은 38.83 ppm, 중앙값 0.87 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.31 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 1.57 %, ACGIH TLV 적용시 5.35 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 13.84 %로 조사되었다.

톨루엔을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 218,907개 시료를 측정하였으며 최대값은 312.36 ppm, 중앙값 0.74 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준

적용시 0.19 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 1.91 %, ACGIH TLV 적용시 3.23 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 9.41%, 독일 AGS 기준치 적용시 0.19 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 1.91 %로 조사되었다.

수은을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 656개 시료를 측정하였으며 최대값은 0.09 mg/m^3 , 중앙값 0.0009 mg/m^3 , 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.00 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 0.61 %, ACGIH TLV 적용시 0.00 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 0.61 %, 독일 AGS 기준치 적용시 2.29 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 7.47 %로 조사되었다.

휘발성클타르피치를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 1,038개 시료를 측정하였으며 최대값은 0.18 mg/m^3 , 중앙값 0.02 mg/m^3 , 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.00 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 1.64 %, ACGIH TLV 적용시 0.00 %, ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 1.64 %로 조사되었다.

일산화탄소를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 26,267개 시료를 측정하였으며 최대값은 1533.33 ppm, 중앙값 2.45 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.14 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 4.31%, ACGIH TLV 적용시 0.72 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 7.88 %, 독일 AGS 기준치 적용시 0.14 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 4.31 %로 조사되었다.

베릴륨 및 그 화합물을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 41개 시료를 측정하였으며 최대값은 0.002 mg/m^3 , 중앙값 0.0001 mg/m^3 , 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.00 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 7.32 %, ACGIH TLV 적용시 78.05 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 87.80 %, 독일 AGS 기준치 적용시 78.05 %; AGS의 Action Level 수

준 적용시 78.05 %로 조사되었다.

니켈카보닐를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 11개 시료를 측정하였으며 최대값은 0.003 ppm, 중앙값 0.0003 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 9.09 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 18.18 %, ACGIH TLV 적용시 0.00 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 0.00%로 조사되었다.

아크릴로니트릴를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 654개 시료를 측정하였으며 최대값은 2.87 ppm, 중앙값 0.16 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.31 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 3.82 %, ACGIH TLV 적용시 0.31 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 3.82 %, 독일 AGS 기준치 적용시 3.06 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 13.46 %로 조사되었다.

스티렌을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 17,180개 시료를 측정하였으며 최대값은 185.99 ppm, 중앙값 0.31 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 1.23 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 6.09 %, ACGIH TLV 적용시 1.23 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 6.09 %, 독일 AGS 기준치 적용시 1.23 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 6.09%로 조사되었다.

메틸알코올를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 48,768개 시료를 측정하였으며 최대값은 509.35 ppm, 중앙값 2.66 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.06 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 0.80 %, ACGIH TLV 적용시 0.06 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 0.80 %, 독일 AGS 기준치 적용시 0.06 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 0.80 %로 조사되었다.

망간 및 그 무기화합물을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 334,340개 시료를 측정하였으며 최대값은 22.06 mg/m³, 중앙값 0.005 mg/m³, 초과율은

고용노동부 노출기준 적용시 0.68 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 2.48 %, ACGIH TLV 적용시 28.01 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 38.03 %, 독일 AGS 기준치 적용시 28.01 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 38.03 %로 조사되었다.

아닐린과 아닐린 동족체를 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 46개 시료를 측정하였으며 최대값은 1.07 ppm, 중앙값 0.28 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.00 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 2.33 %, ACGIH TLV 적용시 0.00 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 2.33 %, 독일 AGS 기준치 적용시 0.00 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 2.33 %로 조사되었다.

시클로헥사논을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 15,201개 시료를 측정하였으며 최대값은 94.03 ppm, 중앙값 0.36 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.06 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 0.78 %, ACGIH TLV 적용시 0.14 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 1.34 %, 독일 AGS 기준치 적용시 0.14 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 1.34 %로 조사되었다.

코발트 및 그 무기화합물을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 6,426개 시료를 측정하였으며 최대값은 0.38 mg/m³, 중앙값 0.001 mg/m³, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 1.24 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 8.28 %, ACGIH TLV 적용시 1.24 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 8.28 %로 조사되었다.

디클로로메탄을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 28,509개 시료를 측정하였으며 최대값은 340.60 ppm, 중앙값 2.03 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.40 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 3.53 %, ACGIH TLV 적용시 0.40 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 3.53 %, 독일 AGS 기준치 적용시 0.40 %; AGS의 Action Level 수준 적용시

3.53 %로 조사되었다.

트리클로로메탄을 대상으로 근로자 노출평가를 수행한 결과, 1,062개 시료를 측정하였으며 최대값은 28.01 ppm, 중앙값 0.56 ppm, 초과율은 고용노동부 노출기준 적용시 0.28 %; 고용노동부 노출기준의 Action Level 수준 적용시 6.21 %, ACGIH TLV 적용시 0.28 %; ACGIH TLV의 Action Level 수준 적용시 6.21 %, 독일 AGS 기준치 적용시 52.17 %; AGS의 Action Level 수준 적용시 71.00 %로 조사되었다.

<표 III-3> 근로자 노출평가 결과

연 번	물질명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
1	삼수소화비소 [TWA : 0.005ppm] [미국(ACGIH) : 0.005ppm] [독일(AGS) : 0.005ppm]	2011	18	0.0006	0.0001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2012	12	0.0004	0.0002	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2013	11	0.001	0.0001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2014	10	0.0002	0.00009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2015	22	0.003	0.0002	0.00	9.09	0.00	9.09	0.00	9.09
		2016	29	0.0001	0.0001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		총합	102	0.003	0.0001	0.00	1.96	0.00	1.96	0.00	1.96
2	암모니아 [TWA : 25ppm] [미국(ACGIH) : 25ppm] [독일(AGS) : 20ppm]	2011	3,975	21.76	0.11	0.00	0.55	0.00	0.55	0.05	1.03
		2012	4,270	26.69	0.11	0.02	0.61	0.02	0.61	0.26	0.84
		2013	4,934	23.78	0.11	0.00	0.47	0.00	0.47	0.16	0.75
		2014	5,588	26.46	0.07	0.02	0.21	0.02	0.21	0.05	0.54
		2015	5,301	21.47	0.08	0.00	0.11	0.00	0.11	0.04	0.40
		2016	5,318	18.06	0.06	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.43
		총합	29,386	26.69	0.09	0.01	0.33	0.01	0.33	0.09	0.64

<표 III-4> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최 대 값	중 앙 값	초 과 율					
						고 용 노 동 부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
3	메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트 [TWA : 0.005ppm] [미국(ACGIH) : 0.005ppm] [독일(AGS) : 0.05mg/m³]	2011	503	0.03	0.00005	0.80	4.77	0.80	4.77	-	-
		2012	572	0.02	0.00007	0.17	3.85	0.17	3.85	-	-
		2013	638	0.004	0.00007	0.00	1.25	0.00	1.25	-	-
		2014	711	0.009	0.00007	0.70	2.53	0.70	2.53	-	-
		2015	578	0.01	0.0001	0.87	1.90	0.87	1.90	-	-
		2016	683	0.009	0.0001	0.005	0.0025	0.005	0.0025	-	-
		총 합	3,685	0.03	0.00009	0.54	2.82	0.54	2.82	-	-
4	염 소 [TWA : 0.5ppm] [미국(ACGIH) : 0.5ppm] [독일(AGS) : 0.5ppm]	2011	445	0.26	0.003	0.00	0.22	0.00	0.22	0.00	0.22
		2012	505	0.20	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2013	596	0.20	0.003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2014	743	1.29	0.003	0.27	0.40	0.27	0.40	0.27	0.40
		2015	827	0.55	0.004	0.12	0.60	0.12	0.60	0.12	0.60
		2016	834	0.27	0.004	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.24
		총 합	3,950	1.29	0.003	0.08	0.28	0.08	0.28	0.08	0.28

<표 Ⅲ-5> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
5	브롬화 메틸 [TWA : 1ppm] [미국(ACGIH) : 1ppm] [독일(AGS) : 1ppm]	2011	10	0.0001	0.0001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2012	4	0.21	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2014	4	0.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2015	2	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2016	2	0.09	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		종합	22	0.21	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	수산화나트륨 [TWA : C2] [미국(ACGIH) : C2] [독일(AGS) : 미설정]	2011	30,265	3.08	0.05	0.00	0.67	0.00	0.67	-	-
		2012	38,000	2.51	0.05	0.01	0.53	0.01	0.53	-	-
		2013	42,659	7.28	0.06	0.02	0.56	0.02	0.56	-	-
		2014	31,765	6625	0.06	0.03	0.79	0.03	0.79	-	-
		2015	33,147	1.98	0.08	0.00	0.47	0.00	0.47	-	-
		2016	34,507	1.95	0.06	0.00	0.27	0.00	0.27	-	-
		종합	210,343	6625	0.06	0.01	0.54	0.01	0.54	-	-

<표 III-6> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
7	산화에틸렌 [TWA : 1ppm] [미국(ACGIH) : 1ppm] [독일(AGS) : 1ppm]	2011	1,251	2.17	0.07	0.48	10.31	0.48	10.31	0.48	10.31
		2012	1,107	1.60	0.07	0.09	6.23	0.09	6.23	0.09	6.23
		2013	1,408	11.10	0.06	0.71	3.69	0.71	3.69	0.71	3.69
		2014	1,650	2.19	0.06	0.42	4.00	0.42	4.00	0.42	4.00
		2015	1,591	14.80	0.06	0.82	3.46	0.82	3.46	0.82	3.46
		2016	1,622	4.82	0.06	1.42	4.56	1.42	4.56	1.42	4.56
		종합	8,629	14.80	0.06	0.70	5.16	0.70	5.16	0.70	5.16
8	염화비닐 [TWA : 1ppm] [미국(ACGIH) : 1ppm] [독일(AGS) : 3ppm]	2011	202	0.99	0.08	0.00	5.45	0.00	5.45	0.00	0.00
		2012	273	0.96	0.07	0.00	3.66	0.00	3.66	0.00	0.00
		2013	257	0.77	0.06	0.00	3.50	0.00	3.50	0.00	0.00
		2014	267	0.92	0.06	0.00	3.37	0.00	3.37	0.00	0.00
		2015	252	0.95	0.08	0.00	1.98	0.00	1.98	0.00	0.00
		2016	197	0.69	0.09	0.00	3.55	0.00	3.55	0.00	0.00
		종합	1,448	0.99	0.07	0.00	3.52	0.00	3.52	0.00	0.00

<표 III-7> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
9	황산 [TWA : 0.2mg/m ³] [미국(ACGIH) : 0.2mg/m ³] [독일(AGS) : 0.1mg/m ³]	2011	8,630	0.43	0.01	0.06	3.90	0.06	3.90	3.90	16.48
		2012	8,424	2.22	0.01	0.08	3.41	0.08	3.41	3.41	13.70
		2013	10,473	0.66	0.01	0.06	1.31	0.06	1.31	1.31	9.27
		2014	12,148	1.10	0.009	0.11	1.38	0.11	1.38	1.38	8.14
		2015	13,157	0.44	0.01	0.14	1.25	0.14	1.25	1.25	10.86
		2016	13,250	1.73	0.009	0.04	0.52	0.04	0.52	0.52	7.65
		종합	66,082	2.22	0.01	0.08	1.76	0.08	1.76	1.76	10.56
10	1,3-부타디엔 [TWA : 2ppm] [미국(ACGIH) : 2ppm] [독일(AGS) : 2ppm]	2011	266	4.97	0.23	0.38	3.38	0.38	3.38	0.38	3.38
		2012	354	1.75	0.08	0.00	0.85	0.00	0.85	0.00	0.85
		2013	175	1.71	0.10	0.00	0.57	0.00	0.57	0.00	0.57
		2014	264	2.97	0.05	0.76	2.27	0.76	2.27	0.76	2.27
		2015	190	4.77	0.09	4.21	8.42	4.21	8.42	4.21	8.42
		2016	238	4.56	0.07	0.84	2.10	0.84	2.10	0.84	2.10
		종합	1,487	4.97	0.09	0.87	2.69	0.87	2.69	0.87	2.69

<표 III-8> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
11	1,2-디클로로프로판 [TWA : 37ppm] [미국(ACGIH) : 10ppm] [독일(AGS) : 미설정]	2011	28	15.58	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		2012	32	11.15	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		2013	46	22.49	0.80	0.00	2.17	4.35	13.04	-	-
		2014	87	38.83	1.12	1.15	3.45	5.75	16.09	-	-
		2015	56	24.40	0.70	0.00	1.79	5.36	10.71	-	-
		2016	69	13.31	0.89	0.00	0.00	2.90	10.14	-	-
		종합	318	38.83	0.87	0.31	1.57	5.35	13.84	-	-
12	톨루엔 [TWA : 50 ppm] [미국(ACGIH) : 20 ppm] [독일(AGS) : 50 ppm]	2011	37,251	172.88	0.82	0.31	2.51	3.96	10.30	0.31	2.51
		2012	37,251	300.79	0.71	0.20	1.93	3.23	9.34	0.20	1.93
		2013	37,320	267.97	0.76	0.20	1.96	3.47	10.11	0.20	1.96
		2014	38,212	140.06	0.73	0.16	1.87	3.21	9.32	0.16	1.87
		2015	39,190	185.11	0.68	0.11	1.51	2.62	8.51	0.11	1.51
		2016	29,683	312.36	0.78	0.19	1.63	2.86	8.78	0.19	1.63
		종합	218,907	312.36	0.74	0.19	1.91	3.23	9.41	0.19	1.91

<표 III-9> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
13	수은 [TWA : 0.1 mg/m ³] [미국(ACGIH) : 0.1 mg/m ³] [독일(AGS) : 0.02 mg/m ³]	2011	137	0.02	0.0007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	5.84
		2012	125	0.07	0.001	0.00	1.60	0.00	1.60	2.40	4.00
		2013	114	0.08	0.002	0.00	0.88	0.00	0.88	5.26	14.04
		2014	111	0.09	0.001	0.00	0.90	0.00	0.90	1.80	10.81
		2015	100	0.04	0.0007	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	4.00
		2016	69	0.01	0.0003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
		종합	656	0.09	0.0009	0.00	0.61	0.00	0.61	2.29	7.47
14	휘발성콜타르피치 [TWA : 0.2 mg/m ³] [미국(ACGIH) : 0.2 mg/m ³] [독일(AGS) : 미설정]	2011	14	0.09	0.02	0.00	7.14	0.00	7.14	-	-
		2012	26	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		2013	102	0.17	0.02	0.00	4.90	0.00	4.90	-	-
		2014	201	0.18	0.02	0.00	4.98	0.00	4.98	-	-
		2015	294	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		2016	398	0.10	0.02	0.00	0.25	0.00	0.25	-	-
		종합	1,038	0.18	0.02	0.00	1.64	0.00	1.64	-	-

<표 III -10> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
15	일산화탄소 [TWA : 30 ppm] [미국(ACGIH) : 25ppm] [독일(AGS) : 30ppm]	2011	5,484	1533.33	3.00	0.15	6.27	0.78	9.45	0.15	6.27
		2012	3,678	39.25	3.00	0.05	5.63	0.60	11.04	0.05	5.63
		2013	3,752	44.00	2.20	0.11	3.14	0.67	6.66	0.11	3.14
		2014	4,068	104.00	2.20	0.42	3.93	0.98	7.37	0.42	3.93
		2015	3,760	29.00	2.10	0.00	3.43	0.69	6.99	0.00	3.43
		2016	5,525	140.00	2.00	0.11	3.15	0.60	6.03	0.11	3.15
		종합	26,267	1533.33	2.45	0.14	4.31	0.72	7.88	0.14	4.31
16	베릴륨 및 그 화합물 [TWA : 0.002 mg/m ³] [미국(ACGIH) : 0.00005 mg/m ³] [독일(AGS) : 0.00006 mg/m ³]	2011	8	0.0005	0.0003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2012	9	0.0007	0.0003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2013	4	0.002	0.0006	0.00	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		2014	3	0.001	0.0009	0.00	33.33	100.00	100.00	100.00	100.00
		2015	3	0.001	0.0009	0.00	33.33	100.00	100.00	100.00	100.00
		2016	14	0.002	0.0001	0.00	0.00	57.14	78.57	57.14	57.14
		종합	41	0.002	0.0001	0.00	7.32	78.05	87.80	78.05	78.05

<표 III-11> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
17	니켈카보닐 [TWA : 0.001 ppm] [미국(ACGIH) : 0.05(C) ppm] [독일(AGS) : 미설정]	2011	6	0.0003	0.0002	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2013	1	0.003	0.003	100.00	100.00	0.00	0.00	-	-
		2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2016	4	0.0008	0.0004	0.00	25.00	0.00	0.00	-	-
		종합	11	0.003	0.0003	9.09	18.18	0.00	0.00	-	-
18	아크릴로니트릴 [TWA : 2 ppm] [미국(ACGIH) : 2 ppm] [독일(AGS) : 1.2 ppm]	2011	92	1.79	0.23	0.00	4.35	0.00	4.35	3.26	18.48
		2012	105	1.61	0.22	0.00	2.86	0.00	2.86	2.86	13.33
		2013	152	1.63	0.04	0.00	1.97	0.00	1.97	1.97	3.95
		2014	107	2.87	0.19	1.87	4.67	1.87	4.67	3.74	18.69
		2015	97	1.75	0.16	0.00	4.12	0.00	4.12	2.06	11.34
		2016	101	1.66	0.24	0.00	5.94	0.00	5.94	4.95	19.80
		종합	654	2.87	0.16	0.31	3.82	0.31	3.82	3.06	13.46

<표 III -12> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
19	스티렌 [TWA : 20 ppm] [미국(ACGIH) : 20 ppm] [독일(AGS) : 20 ppm]	2011	2,894	82.97	0.34	1.76	7.81	1.76	7.81	1.76	7.81
		2012	2,569	127.86	0.37	1.75	7.51	1.75	7.51	1.75	7.51
		2013	2,634	48.78	0.35	1.33	7.06	1.33	7.06	1.33	7.06
		2014	2,875	91.27	0.29	0.77	5.46	0.77	5.46	0.77	5.46
		2015	3,339	82.39	0.23	0.72	4.01	0.72	4.01	0.72	4.01
		2016	2,869	185.99	0.35	1.19	5.23	1.19	5.23	1.19	5.23
		종합	17,180	185.99	0.31	1.23	6.09	1.23	6.09	1.23	6.09
20	메틸알코올 [TWA : 200 ppm] [미국(ACGIH) : 200 ppm] [독일(AGS) : 200 ppm]	2011	6,235	329.41	2.12	0.02	0.98	0.02	0.98	0.02	0.98
		2012	6,994	270.77	2.43	0.03	0.77	0.03	0.77	0.03	0.77
		2013	8,074	442.67	2.58	0.07	0.73	0.07	0.73	0.07	0.73
		2014	8,464	339.96	2.56	0.04	0.76	0.04	0.76	0.04	0.76
		2015	9,464	205.31	2.55	0.01	0.70	0.01	0.70	0.01	0.70
		2016	9,537	509.35	3.69	0.15	0.89	0.15	0.89	0.15	0.89
		종합	48,768	509.35	2.66	0.06	0.80	0.06	0.80	0.06	0.80

<표 III-13> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
21	망간 및 그 무기화합물 [TWA : 1 mg/m ³] [미국(ACGIH) : 0.02 mg/m ³] [독일(AGS) : 0.02 mg/m ³]	2011	60,202	10.92	0.008	0.85	3.26	34.10	44.96	34.10	44.96
		2012	50,938	6.78	0.006	0.89	3.45	31.54	42.08	31.54	42.08
		2013	53,284	6.94	0.005	0.80	2.60	29.19	39.41	29.19	39.41
		2014	58,123	22.06	0.005	0.62	2.33	27.85	38.31	27.85	38.31
		2015	60,984	3.25	0.004	0.43	1.77	23.60	32.92	23.60	32.92
		2016	50,809	5.06	0.003	0.37	1.49	21.50	30.12	21.50	30.12
		종합	334,340	22.06	0.005	0.68	2.48	28.01	38.03	28.01	38.03
22	아닐린과 아닐린 동족체 [TWA : 2 ppm] [미국(ACGIH) : 2 ppm] [독일(AGS) : 2 ppm]	2011	3	0.39	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2012	5	0.57	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2013	6	0.81	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2014	9	1.07	0.26	0.00	11.11	0.00	11.11	0.00	11.11
		2015	8	0.47	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2016	12	0.79	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		종합	46	1.07	0.28	0.00	2.33	0.00	2.33	0.00	2.33

<표 III - 14> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
23	시클로헥사논 [TWA : 25 ppm] [미국(ACGIH) : 20 ppm] [독일(AGS) : 20 ppm]	2011	2,596	24.93	0.33	0.00	1.23	0.27	2.04	0.27	2.04
		2012	2,449	20.75	0.42	0.00	0.94	0.04	1.43	0.04	1.43
		2013	2,476	18.85	0.35	0.00	0.40	0.00	0.77	0.00	0.77
		2014	264	2.97	0.05	0.38	5.68	1.14	9.85	1.14	9.85
		2015	2,716	94.03	0.34	0.07	0.66	0.07	1.07	0.07	1.07
		2016	2,636	62.67	0.42	0.23	0.80	0.34	1.56	0.34	1.56
		종합	15,201	94.03	0.36	0.06	0.78	0.14	1.34	0.14	1.34
24	코발트 및 그 무기화합물 [TWA : 0.02 mg/m ³] [미국(ACGIH) : 0.02 mg/m ³] [독일(AGS) : 미설정]	2011	1,049	0.13	0.001	1.91	10.20	1.91	10.20	-	-
		2012	978	0.11	0.001	1.64	9.51	1.64	9.51	-	-
		2013	1,140	0.07	0.001	0.88	8.60	0.88	8.60	-	-
		2014	1,296	0.15	0.001	1.23	9.26	1.23	9.26	-	-
		2015	601	0.03	0.0006	0.83	3.99	0.83	3.99	-	-
		2016	1,362	0.38	0.0008	0.95	6.61	0.95	6.61	-	-
		종합	6,426	0.38	0.001	1.24	8.28	1.24	8.28	-	-

<표 III - 15> 근로자 노출평가 결과(계속)

연 번	물 질 명	측정년도	시료수	최대값	중앙값	초과율					
						고용노동부		ACGIH		AGS	
						Current Level	Action Level	Current Level	Action Level	Current Level	Action Level
25	디클로로메탄 [TWA : 50 ppm] [미국(ACGIH) : 50 ppm] [독일(AGS) : 50 ppm]	2011	3,755	132.32	2.20	0.69	4.55	0.69	4.55	0.69	4.55
		2012	3,997	160.75	2.06	0.65	4.10	0.65	4.10	0.65	4.10
		2013	4,507	307.29	1.75	0.44	3.42	0.44	3.42	0.44	3.42
		2014	5,648	230.93	1.75	0.25	3.05	0.25	3.05	0.25	3.05
		2015	5,312	130.80	1.89	0.13	2.90	0.13	2.90	0.13	2.90
		2016	5,290	340.60	2.67	0.42	3.61	0.42	3.61	0.42	3.61
		종합	28,509	340.60	2.03	0.40	3.53	0.40	3.53	0.40	3.53
26	트리클로로메탄 [TWA : 10 ppm] [미국(ACGIH) : 10 ppm] [독일(AGS) : 0.5 ppm]	2011	211	8.33	0.33	0.00	8.53	0.00	8.53	45.02	55.92
		2012	172	8.80	0.46	0.00	5.23	0.00	5.23	48.26	69.19
		2013	167	28.01	0.49	1.20	4.19	1.20	4.19	49.70	77.84
		2014	182	9.56	0.92	0.00	10.99	0.00	10.99	64.29	76.92
		2015	200	10.63	0.49	0.50	3.50	0.50	3.50	48.00	70.50
		2016	130	9.25	0.80	0.00	3.85	0.00	3.85	61.54	81.54
		종합	1,062	28.01	0.56	0.28	6.21	0.28	6.21	52.17	71.00

4) 용량-반응 평가 및 위험성 결정

아래 <표 III-16>은 화학물질의 유해성·위험성 평가 규정에 근거하여 연구 대상 물질 26종에 대한 독성자료 및 RfCworker 산출결과를 정리하여 나타냈다.

그 결과 삼수소화비소에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 rat를 대상으로 약 2주간 6시간씩 만성 흡입독성 실험 결과 그에 따른 종말점은 NOAEL : 0.025ppm으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 0.0004ppm(0.001 mg/m³)로 산출되었다.

흡입독성 시험 결과 그에 따른 종말점이 IUR: 4.3×10^{-2} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 일 때 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 9.8×10^{-5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

암모니아에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 rat를 대상으로 5주간 반복독성(경구) 실험 결과 그에 따른 종말점은 NOAEL : 250mg/kg bw/day으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 5.46ppm(4.15 mg/m³)로 산출되었다.

흡입독성 시험 결과 그에 따른 종말점이 47.6mg/m³일 때 RfCworker 값은 47.6 mg/m³로 산출되었다.

메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 rat를 대상으로 약 2주간 6시간씩 만성 흡입독성 실험 결과 생식독성 유발이 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 NOEC : 0.08ppm으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 0.00002ppm(0.0003 mg/m³)로 산출되었다.

염소에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 mouse를 대상으로 13주간 경구독성 실험 결과 그에 따른 종말점은 NOAEL : 34.4mg/kg bw/day으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 0.31ppm(0.98 mg/m³)로 산출되었다.

브롬화메틸에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 rat를 대상으로 2년간 경구독성 실험 결과 그에 따른 종말점은 NOEL : 200ppm으로 보정계수를 고려한

RfCworker 값으로 변환했을 경우 4.70ppm(19.92 mg/m³)로 산출되었다.

수산화나트륨에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 rat를 대상으로 경구독성 실험 결과 그에 따른 종말점은 LD50 : 140ppm으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 0.004ppm(0.01 mg/m³)로 산출되었다.

산화에틸렌에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 rat를 대상으로 약 2주간 6시간씩 만성 흡입독성 실험 결과 그에 따른 종말점은 NOEL : 100ppm으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 0.10ppm(0.19 mg/m³)로 산출되었다.

흡입독성 시험 결과 발암성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 IUR: 3×10^{-3} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 일 때 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 0.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

염화비닐에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 rat를 대상으로 약 2주간 만성 경구독성 실험 결과 그에 따른 종말점은 NOAEL : 30mg/kg bw/day으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 0.54ppm(1.49 mg/m³)로 산출되었다.

흡입독성 시험 결과 그에 따른 종말점이 최대 IUR: 8.8×10^{-6} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 일 때 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

황산에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 rat를 대상으로 28일간 만성 흡입독성 실험 결과 그에 따른 종말점은 LOAEC : 0.3mg/m³으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 0.00004ppm(0.0002 mg/m³)로 산출되었다.

흡입독성 시험 결과 그에 따른 종말점이 0.05mg/m³일 때 RfCworker 값은 0.05 mg/m³로 산출되었다.

1,3-부타디엔에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 mouse를 대상으로 최대 2년간 만성 흡입독성 실험 결과 그에 따른 종말점은 NOAEC : 6.25ppm(13 mg/m³)으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 0.01ppm(0.02 mg/m³)로 산출되었다.

흡입독성 시험 결과 그에 따른 종말점이 IUR: 3×10^{-5} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 일 때 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

1,2-디클로로프로판에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 mouse를 대상으로 2주간 6시간씩 만성 흡입독성 실험 결과 그에 따른 종말점은 NOEL : 150ppm으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $0.17\text{ppm}(0.85 \text{ mg}/\text{m}^3)$ 로 산출되었다.

흡입독성 시험 결과 그에 따른 종말점이 SF: 3.6×10^{-2} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 일 때 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

톨루엔에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 흰쥐를 대상으로 2주간 6시간씩 흡입독성 실험 결과 발달독성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 NOAEL : $500 \text{ mg}/\text{kg bw}/\text{day}$ 으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $39 \text{ mg}/\text{m}^3(10.35 \text{ ppm})$ 로 산출되었다.

수은의 용량-반응 평가 결과 흰쥐를 대상으로 주에 5일씩, 104주 동안 경구독성 실험 결과 반복독성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 LOAEL : $2.5 \text{ mg}/\text{kg bw}/\text{day}$ 로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $0.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

일산화탄소에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 흰쥐를 대상으로 18일 동안 흡입독성 실험 결과 발달독성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 NOAEL : $65 \text{ mg}/\text{kg bw}/\text{day}$ 으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $3 \text{ mg}/\text{m}^3(2.62 \text{ ppm})$ 로 산출되었다.

베릴륨 및 그 화합물의 용량-반응 평가 결과 흰쥐를 대상으로 흡입독성 실험 결과 발암성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 IUR : 2.4×10^{-3} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $0.0002 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

아크릴로니트릴에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 흰쥐를 대상으로 흡입독성 실험 결과 발암성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은

IUR : 6.8×10^{-3} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $0.01 \text{ mg}/\text{m}^3$ (0.005 ppm)로 산출되었다.

스티렌의 용량-반응 평가 결과 흰쥐를 대상으로 일 7시간씩, 16일 동안 흡입 독성 실험 결과 발달독성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 NOAEC: $2.556 \text{ mg}/\text{kg bw}/\text{day}$ 로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $0.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ (0.05 ppm)로 산출되었다.

메틸알코올에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 생쥐를 대상으로 하루 19시간씩, 18개월 동안 흡입독성 실험 결과 발암성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 NOAEC: $1.3 \text{ mg}/\text{kg bw}/\text{day}$ 로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ (0.23 ppm)로 산출되었다.

아닐린과 아닐린동족체의 용량-반응 평가 결과 흰쥐를 대상으로 28일 동안 경구독성 실험 결과 반복독성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 NOAEL: $4 \text{ mg}/\text{kg bw}/\text{day}$ 로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ (0.08 ppm)로 산출되었다.

시클로헥사논에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 생쥐를 대상으로 104주 동안 경구독성 실험 결과 발암성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 LOAEL: $3,300 \text{ mg}/\text{kg bw}/\text{day}$ 으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $175 \text{ mg}/\text{m}^3$ (43.6 ppm)로 산출되었다.

코발트 및 그 무기화합물의 용량-반응 평가 결과 생쥐를 대상으로 일 6시간, 주5일, 총 105주 동안 흡입독성 실험 결과 발암성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 LOAEC : $1.24 \text{ mg}/\text{kg bw}/\text{day}$ 으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $0.1 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

디클로로메탄에 대한 용량-반응 평가 결과의 경우 흰쥐를 대상으로 흡입독성 실험 결과 발암성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 IUR: 1×10^{-8} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $42 \text{ mg}/\text{m}^3$ (12.09 ppm)로 산출되었다.

트리클로로메탄의 용량-반응 평가 결과 흰쥐를 대상으로 흡입독성 실험 결과 발암성이 유발되는 것으로 관찰되었으며 그에 따른 종말점은 IUR: 2.3×10^{-5} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 보정계수를 고려한 RfCworker 값으로 변환했을 경우 $0.02 \text{ mg}/\text{m}^3$ (0.0041 ppm)로 산출되었다.

연구 대상물질 26종에 대한 용량-반응 평가 및 RfCworker 산출 결과를 고찰해보면 모든 물질에서 현재 국내 노출 기준치보다 엄격한 수준으로 산정되어 현재 국내 노출 기준치가 유해성 측면에서는 보다 완화된 수준으로 관리되어지고 있는 것으로 분석된다. 따라서 26종 물질 취급 근로자의 건강 예방적 측면을 고려하였을 때 현재의 국내 노출 기준치는 보다 상향 조정되어 관리되어야 한다고 사료된다.

<표 III-16> 연구대상 물질 대상 용량-반응 평가 및 위험성 결정

연번	물질명 (Cas No.)	Endpoint	비고	노출경로 (표적기관)	참고문헌	RfC _{worker}
1	삼수소화비소 (7784-42-1)	NOAEL=0.025ppm	자료없음	inhalation (hemopoietic system is probably the critical target system)	ACGIH, TLV	0.0004ppm
2	암모니아 (7664-41-7)	NOAEL=250mg/kg bw/day	OECD Guideline 422 (Combined Repeated Dose Toxicity Study with the Reproduction / Developmental Toxicity Screening Test)	oral (Histological examination of the stomachs revealed some submucosal inflammation)	ECHA	5.46ppm
3	메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트 (101-68-8)	NOEC=0.08ppm	OECD Guideline 416 (Two-Generation Reproduction Toxicity Study)	inhalation (submucosal lymphoid infiltrates in both the larynx and the trachea as well as a significant increase in the incidence of intracellular eosinophilic droplets.)	ECHA	0.00002ppm

118 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

4	염소 (7782-50-5)	NOAEL= > = 34.4 mg / kg bw / day	OECD Guideline 408 (Repeated Dose 90-Day Oral Toxicity in Rodents)	oral (HaematologyRed blood cell count was statistically significantly reduced)	ECHA	0.31ppm
5	브롬화메틸 (74-83-9)	NOEL=200ppm	자료없음	oral	ACGIH, TLV	4.70pm
6	수산화나트륨 (1310-73-2)	LD50 Rat oral 140-340 mg/kg	자료없음	oral	HSDB	0.004ppm
7	산화에틸렌 (75-21-8)	100ppm(no effect)	자료없음	inhalation (hunched posture, reduced locomotion, and righting reflex)	ACGIH, TLV	0.10ppm
8	염화비닐 (75-01-4)	NOAEL=30mg/kg bw/day	OECD Guideline 408 (Repeated Dose 90-Day Oral Toxicity in Rodents)	oral (Minimal histologic changes in the liver / hyperbasophilic hepatocytes / hypertrophy of the endoplasmic reticulum in hepatocytes)	ECHA	0.54ppm
9	황산 (7664-93-9)	LOAEC=0.3mg/m3	OECD Guideline 412 (Subacute Inhalation Toxicity: 28-Day Study)	inhalation (histopathology and cell proliferation of the larynx)	ECHA	0.00004ppm

119 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

10	1,3-부타디엔 (106-99-0)	NOAEC 6.25ppm (13 mg/m ³)	OECD Guideline 453 (Combined Chronic Toxicity / Carcinogenicity Studies)	inhalation (clear evidence of multiple organ carcinogenicity / The ovary, testes and bone marrow were target organs)	ECHA	0.01ppm
11	1,2-디클로로프로 판 (78-87-5)	NOEL 150ppm	자료없음	inhalation (Liver damage (both morphological and enzyme changes))	ACGIH, TLV	0.17ppm
12	톨루엔 (108-88-3)	NOAEL : 500 mg/kg bw/day	OECD Guideline 416 (Two-Generation Reproduction Toxicity Study),GLP	inhalation (Toluene decreased foetal weight and increased skeletal variations)	ECHA	39 mg/m ³ (10.35 ppm)
13	수은 (7439-97-6)	LOAEL : 2.5 mg/kg bw/day	No guideline followed, GLP	oral (LOAEL based on effects on survival, increased kidney weights and severity of nephropathy as well as renal hyperplasia and forestomach epithelium hyperplasia in male rats.)	ECHA	0.2 mg/m ³

120 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

14	휘발성콜타르피치 (65995-93-2)	자료 없음	자료 없음	자료 없음		-
15	일산화탄소 (630-08-0)	NOAEC : 65 mg/kg bw/day	OECD Guideline 414 (Prenatal Developmental Toxicity Study)	inhalation (A small number of skeletal anomalies (lack of ossification) were observed in fetuses.)	ECHA	3 mg/m ³ (2.62 ppm)
16	베릴륨 및 그 화합물 (7440-41-7)	IUR : 2.4×10 ⁻³ per μg/m ³	자료 없음	inhalation (Lung cancer)	US EPA IRIS	0.0002 mg/m ³
17	니켈카보닐 (13463-39-3)	자료 없음	자료 없음	자료 없음	자료 없음	-
18	아크릴로니트릴 (107-13-1)	IUR : 6.8×10 ⁻⁵ per μg/m ³	자료 없음	inhalation (Respiratory cancer)	US EPA IRIS	0.01 mg/m ³ (0.005 ppm)
19	스티렌 (100-42-5)	NOAEC : 2.556 mg/kg bw/day	OECD Guideline 414 (Prenatal Developmental Toxicity Study)	inhalation (certain skeletal variants such as lumbar spurs and delayed ossification of sternebrae and vertebral centra)	ECHA	0.2 mg/m ³ (0.05 ppm)

121 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

20	메틸알코올 (67-56-1)	NOAEC : 1.3 mg/kg bw/day	OECD Guideline 453 (Combined Chronic Toxicity / Carcinogenicity Studies)	inhalation (papillary lung adenomas in males, adrenal phaeochromocytomas in females)	ECHA	0.3 mg/m ³ (0.23 ppm)
21	망간 및 그 무기화합물 (7439-96-5)	자료 없음	자료 없음	자료 없음	자료 없음	-
22	아닐린과 아닐린 동소체 (62-53-3)	NOAEL : 4 mg/kg bw/day	OECD Guideline 407 (Repeated Dose 28-Day Oral Toxicity in Rodents), GLP	oral (The mean absolute spleen weights were increased)	ECHA	0.3 mg/m ³ (0.08 ppm)
23	시클로헥사논 (108-94-1)	LOAEL : 3300 mg/kg bw/day	EPA OPP 83-5 (Combined Chronic Toxicity / Carcinogenicity)	oral (A dose-related decrease in weight gain was evident in both male and female rats. Only adenoma of the adrenal cortex in males.)	ECHA	175 mg/m ³ (43.6 ppm)

122 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

24	코발트 및 그 무기화합물 (7440-48-4)	LOAEC : 1.24 mg/kg bw/day	OECD Guideline 451 (Carcinogenicity Studies), GLP	inhalation (increased incidences of alveolar/bronchiolar neoplasms of the lung (predominantly carcinoma), including multiple carcinoma.)	ECHA	0.1 mg/m ³
25	디클로로메탄 (75-09-2)	IUR : 1×10 ⁻⁸ per μg/m ³	자료 없음	inhalation (Hepatocellular carcinomas or adenomas, bronchoalveolar carcinomas or adenomas)	US EPA IRIS	42 mg/m ³ (12.09 ppm)
26	트리클로로메탄 (67-66-3)	IUR : 2.3×10 ⁻⁵ per μg/m ³	자료 없음	inhalation (Hepatocellular carcinoma)	US EPA IRIS	0.02 mg/m ³ (0.0041 ppm)

5) RfCworker값에 따른 Hazard Qoutient(유해지수) 분석

연구대상 물질 26종을 대상으로 RfCworker값을 이용하여 각 물질의 노출수준에 대한 유해지수에 대하여 분석하였다. 유해지수란 물질에 대한 잠재적 노출의 비율을 말한다. 유해지수를 구하는 산출식은 다음 [그림 Ⅲ-2]과 같다.

$$HQ_i = \frac{Dose_i}{RfD_i}$$

[그림 Ⅲ-2] 유해지수 산출식

연구대상 물질 26종에 대한 유해지수는 각 물질의 최근 6년간의 노출수준의 최대값과 중앙값을 이용 하여 각각의 유해지수에 대한 값을 산출하였다.

연구대상에 대한 유해지수 산출결과, 삼수소화비소의 최대값에 대한 유해지수는 7.5, 중앙값에 대한 유해지수는 0.25의 값이 산출되었다.

암모니아의 최대값에 대한 유해지수는 4.89, 중앙값에 대한 유해지수는 0.02의 값이 산출되었다.

메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트의 최대값에 대한 유해지수는 1500, 중앙값에 대한 유해지수는 4.5의 값이 산출되었다.

염소의 최대값에 대한 유해지수는 4.16, 중앙값에 대한 유해지수는 0.01의 값이 산출되었다.

브롬화 메틸의 최대값에 대한 유해지수는 0.04, 중앙값에 대한 유해지수는 0.01의 값이 산출되었다.

수산화나트륨의 최대값에 대한 유해지수는 946428.57, 중앙값에 대한 유해지수는 8.57의 값이 산출되었다.

산화에틸렌의 최대값에 대한 유해지수는 148, 중앙값에 대한 유해지수는 0.6의 값이 산출되었다.

염화비닐의 최대값에 대한 유해지수는 1.83, 중앙값에 대한 유해지수는 0.13의 값이 산출되었다.

황산의 최대값에 대한 유해지수는 11,100, 중앙값에 대한 유해지수는 50의 값이 산출되었다.

1,3-부타디엔의 최대값에 대한 유해지수는 497, 중앙값에 대한 유해지수는 9.0의 값이 산출되었다.

1,2-디클로로프로판의 최대값에 대한 유해지수는 228.41, 중앙값에 대한 유해지수는 5.12의 값이 산출되었다.

톨루엔의 최대값에 대한 유해지수는 30.18, 중앙값에 대한 유해지수는 0.07의 값이 산출되었다.

수은의 최대값에 대한 유해지수는 0.45, 중앙값에 대한 유해지수는 0.005의 값이 산출되었다.

일산화탄소의 최대값에 대한 유해지수는 585.24, 중앙값에 대한 유해지수는 0.94의 값이 산출되었다.

베릴륨 및 그 화합물의 최대값에 대한 유해지수는 10, 중앙값에 대한 유해지수는 0.5의 값이 산출되었다.

아크릴로니트릴의 최대값에 대한 유해지수는 574, 중앙값에 대한 유해지수는 32의 값이 산출되었다.

스티렌의 최대값에 대한 유해지수는 3,719.8, 중앙값에 대한 유해지수는 6.2의 값이 산출되었다.

메틸알코올의 최대값에 대한 유해지수는 2,214.43, 중앙값에 대한 유해지수는 11.57의 값이 산출되었다.

아닐린과 아닐린 동족체의 최대값에 대한 유해지수는 13.38, 중앙값에 대한 유해지수는 3.5의 값이 산출되었다.

시클로헥사논의 최대값에 대한 유해지수는 2.16, 중앙값에 대한 유해지수는 0.008의 값이 산출되었다.

코발트 및 그 무기화합물의 최대값에 대한 유해지수는 3.8, 중앙값에 대한 유해지수는 0.01의 값이 산출되었다.

디클로로메탄의 최대값에 대한 유해지수는 28.17, 중앙값에 대한 유해지수는 0.17의 값이 산출되었다.

트리클로로메탄의 최대값에 대한 유해지수는 6831.71, 중앙값에 대한 유해지수는 136.59의 값이 산출되었다.

휘발성클타르피치, 니케카보닐, 망간 및 그 무기화합물의 4가지 물질의 경우, RfCworker값을 산출에 필요한 자료가 존재하지 않아 유해지수에 대한 평가에서 배제되었다.

<표 III-17> Harzard Qoutient 분석 결과

연 번	물 질 명	시료수	최 대 값	중 양 값	Harzard Qoutient	
					Max Qoutient	Median Qoutient
1	삼수소화비소 [RfCworker : 0.0004 ppm]	102	0.003	0.0001	7.5	0.25
2	암모니아 [RfCworker : 5.46 ppm]	29,386	26.69	0.09	4.89	0.02
3	메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이 트 [RfCworker : 0.00002 ppm]	3,685	0.03	0.00009	1,500	4.5
4	염소 [RfCworker : 0.31 ppm]	3,950	1.29	0.003	4.16	0.01
5	브롬화 메틸 [RfCworker : 4.70 ppm]	22	0.21	0.05	0.04	0.01
6	수산화나트륨 [RfCworker : 0.007 mg/m ³]	210,343	6625	0.06	946,428.57	8.57
7	산화에틸렌 [RfCworker : 0.10 ppm]	8,629	14.80	0.06	148	0.6

<표 III-18> Harzard Qoutient 분석 결과(계속)

연 번	물 질 명	시료수	최 대 값	중 양 값	Harzard Qoutient	
					Max Qoutient	Median Qoutient
8	염화비닐 [RfCworker : 0.54 ppm]	1,448	0.99	0.07	1.83	0.13
9	황산 [RfCworker : 0.0002 mg/m ³]	66,082	2.22	0.01	11,100	50
10	1,3-부타디엔 [RfCworker : 0.01 ppm]	1,487	4.97	0.09	497	9.0
11	1,2-디클로로 프로판 [RfCworker : 0.17 ppm]	318	38.83	0.87	228.41	5.12
12	톨루엔 [RfCworker : 10.35 ppm]	218,907	312.36	0.74	30.18	0.07
13	수은 [RfCworker : 0.2 mg/m ³]	656	0.09	0.0009	0.45	0.005
14	휘발성콜타르 피치 [RfCworker : 자료없음]	1,038	0.18	0.02	-	-

<표 III-19> Harzard Qoutient 분석 결과(계속)

연 번	물 질 명	시료수	최 대 값	중 양 값	Harzard Qoutient	
					Max Qoutient	Median Qoutient
15	일산화탄소 [RfCworker : 2.62 ppm]	26,267	1533.33	2.45	585.24	0.94
16	베릴륨 및 그 화합물 [RfCworker : 0.0002 mg/m³]	41	0.002	0.0001	10	0.5
17	니켈카보닐 [RfCworker : 자료없음]	11	0.003	0.0003	-	-
18	아크릴로니트릴 [RfCworker : 0.005 ppm]	654	2.87	0.16	574	32
19	스티렌 [RfCworker : 0.05 ppm]	17,180	185.99	0.31	3,719.8	6.2
20	메틸알코올 [RfCworker : 0.23 ppm]	48,768	509.35	2.66	2,214.43	11.57
21	망간 및 그 무기화합물 [RfCworker : 자료없음]	334,340	22.06	0.005	-	-

<표 III -20> Harzard Qoutient 분석 결과(계속)

연 번	물 질 명	시 료 수	최 대 값	중 앙 값	Harzard Qoutient	
					Max Qoutient	Median Qoutient
22	아닐린과 아닐린 동족체 [RfCworker : 0.08 ppm]	46	1.07	0.28	13.38	3.5
23	시클로헥사논 [RfCworker : 43.6 ppm]	15,201	94.03	0.36	2.16	0.008
24	코발트 및 그 무기화합물 [RfCworker : 0.1 mg/m ³]	6,426	0.38	0.001	3.8	0.01
25	디클로로메탄 [RfCworker : 12.09 ppm]	28,509	340.60	2.03	28.17	0.17
26	트리클로로메탄 [RfCworker : 0.0041 ppm]	1,062	28.01	0.56	6831.71	136.59

2. 연구대상 물질 국내 취급실태 분석

1) 화학물질안전원 화학물질 정보공개 통계조사 분석

아래 <표 III-21>는 연구대상 26종 화학물질을 대상으로 취급 사업장 수를 분석하여 나타냈다.

삼수소화비소의 경우 취급 사업장 수는 8곳으로 관찰되었다. 암모니아는 586곳으로 관찰되었으며 메틸렌 디페닐 디이소시아네이트는 479곳으로 관찰되었다. 염소의 경우 236곳, 브롬화메틸은 1곳으로 관찰되었으며 수산화나트륨은 5,647곳으로 가장 많은 사업장에서 취급하는 것으로 관찰되었다. 산화에틸렌은 59곳으로 관찰되었고 염화비닐은 26곳, 황산은 3,070곳으로 관찰되었다. 1,3-부타디엔의 경우 94곳, 1,2-디클로로프로판은 186곳으로 관찰되었으며 톨루엔은 4,968곳으로 연구대상 물질중 두 번째로 많은 사업장에서 취급하고 있는 것으로 관찰되었다.

수은의 경우 13곳으로 관찰되었으며 휘발성 콜타르피치는 19곳, 일산화탄소를 취급하는 사업장은 36곳으로 관찰되었다. 베릴륨 및 그 화합물의 경우 10곳으로 조사되었고 니켈카보닐의 경우 취급하는 사업장이 없는 것으로 관찰되었다. 아크릴로니트릴은 186곳, 스티렌은 1,175곳으로 관찰되었으며 메틸알코올의 경우 취급하는 사업장이 3,522곳으로 다른 물질에 비해 많은 곳에서 취급하고 있는 것으로 관찰되었다.

망간 및 그 무기화합물의 경우 746곳, 아닐린과 아닐린 동족체는 67곳으로 관찰되었으며 시클로헥사논의 경우 739곳으로 관찰되었다. 코발트 및 그 무기화합물의 경우 90곳, 디클로로메탄의 경우 738곳으로 관찰되었으며 마지막으로 트리클로로메탄은 취급하는 사업장의 수가 176곳으로 관찰되었다.

**<표 III-21> 연구대상 화학물질(26종)의 화학물질 정보공개
통계자료**

연번	화학물질명	취급사업장 수
1	삼수수화비소	8
2	암모니아	586
3	메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트	479
4	염소	236
5	브롬화메틸	1
6	수산화나트륨	5,647
7	산화에틸렌	59
8	염화비닐	26
9	황산	3,070
10	1,3-부타디엔	94
11	1,2-디클로로프로판	186
12	톨루엔	4,968
13	수은	13
14	휘발성 콜타르피치	19
15	일산화탄소	36
16	베릴륨 및 그 화합물	10
17	니켈카보닐	0
18	아크릴로니트릴	186
19	스티렌	1,175
20	메틸알코올	3,522
21	망간 및 그 무기화합물	746
22	아닐린과 아닐린 동족체	67
23	시클로헥사논	739
24	코발트 및 그 무기화합물	90
25	디클로로메탄	738
26	트리클로로메탄(클로로포름)	176

2) 고용노동부 작업환경실태조사 자료 검토

아래 <표 III-22>~<표 III-25>은 연구대상 26종 화학물질을 대상으로 6년간의 환경부 화학물질 통계조사 결과를 분석하여 나타냈다.

삼수소화비소의 경우 수입량과 수출량에 대한 정보가 없는 것으로 관찰되었다. 암모니아의 경우 수입량은 2011년 13톤, 2012년 19톤, 2013년 23톤, 2014년 22톤, 2015년 32톤, 2016년 369톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 1,042톤, 2012년 1,300톤, 2013년 1,261톤, 2014년 1,281톤, 2015년 1,520톤, 2016년 1,714톤으로 각각 관찰되었다.

메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트의 경우 수입량은 2011년 517톤, 2012년 801톤, 2013년 110톤, 2014년 137톤, 2015년 703톤, 2016년 1,427톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 58,735톤, 2012년 48,748톤, 2013년 60,559톤, 2014년 64,559톤, 2015년 68,902톤, 2016년 62,561톤으로 각각 관찰되었다.

염소의 경우 수입량은 2011년 258톤, 2012년 332톤, 2013년 234톤, 2014년 176톤, 2015년 210톤, 2016년 227톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 213톤, 2012년 285톤, 2013년 332톤, 2014년 440톤, 2015년 453톤, 2016년 555톤으로 각각 관찰되었다.

브롬화 메틸의 경우 수입량은 2011년 1톤, 2012년 1톤, 2013년 1톤, 2014년 1톤, 2015년 2톤, 2016년 2톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 0톤, 2012년 0톤, 2013년 0톤, 2014년 0톤, 2015년 0톤, 2016년 0톤으로 각각 관찰되었다.

수산화나트륨의 경우 수입량은 2011년 206,049톤, 2012년 199,420톤, 2013년 45,404톤, 2014년 23,400톤, 2015년 8,765톤, 2016년 408톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 374,070톤, 2012년 365,853톤, 2013년 523,010톤, 2014년 544,191톤, 2015년 622,581톤, 2016년 527,826톤으로 각각 관찰되었다.

산화에틸렌의 경우 수입량은 2011년 0톤, 2012년 0톤, 2013년 0톤, 2014년 0톤, 2015년 0톤, 2016년 0톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 108톤, 2012년 24톤, 2013년 22톤, 2014년 0톤, 2015년 0톤, 2016년 0톤으로 각각 관찰되었다.

염화비닐의 경우 수입량은 2011년 6,017톤, 2012년 2,502톤, 2013년 13,893톤, 2014년 15,027톤, 2015년 6,005톤, 2016년 17,255톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 126,055톤, 2012년 89,685톤, 2013년 94,693톤, 2014년 116,390톤, 2015년 109,201톤, 2016년 113,073톤으로 각각 관찰되었다.

황산의 경우 수입량은 2011년 103톤, 2012년 63톤, 2013년 180톤, 2014년 262톤, 2015년 935톤, 2016년 132톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 2,710,959톤, 2012년 2,724,214톤, 2013년 2,854,100톤, 2014년 2,919,656톤, 2015년 3,000,199톤, 2016년 2,900,650톤으로 각각 관찰되었다.

1,3-부타디엔의 경우 수입량은 2011년 366,622톤, 2012년 359,467톤, 2013년 381,780톤, 2014년 449,270톤, 2015년 425,799톤, 2016년 409,919톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 234,633톤, 2012년 280,687톤, 2013년 222,529톤, 2014년 204,136톤, 2015년 155,469톤, 2016년 155,517톤으로 각각 관찰되었다. 1,2-디클로로프로판의 경우 수입량과 수출량에 대한 정보가 없는 것으로 관찰되었다.

톨루엔의 경우 수입량은 2011년 163,305톤, 2012년 89,812톤, 2013년 108,271톤, 2014년 467,531톤, 2015년 697,675톤, 2016년 525,757톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 958,461톤, 2012년 1,141,400톤, 2013년 1,066,132톤, 2014년 743,111톤, 2015년 419,722톤, 2016년 532,578톤으로 각각 관찰되었다.

수은의 경우 수입량은 2011년 11톤, 2012년 2톤, 2013년 2톤, 2014년 2톤, 2015년 2톤, 2016년 1톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 3톤, 2012년 1톤, 2013년 1톤, 2014년 1톤, 2015년 0톤, 2016년 0톤으로 각각 관찰되었다.

휘발성클타르피치의 경우 수입량과 수출량에 대한 정보가 없는 것으로 관찰되었다. 일산화탄소의 경우 수입량과 수출량에 대한 정보가 없는 것으로 관찰되었다. 베릴륨 및 그 화합물의 경우 수입량과 수출량에 대한 정보가 없는 것으로 관찰되었다. 니켈카보닐의 경우 수입량과 수출량에 대한 정보가 없는 것으로 관찰되었다.

아크릴로니트릴의 경우 수입량은 2011년 87,084톤, 2012년 113,472톤, 2013년

100,032톤, 2014년 90,358톤, 2015년 105,260톤, 2016년 134,577톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 185,399톤, 2012년 185,399톤, 2013년 306,053톤, 2014년 276,410톤, 2015년 243,088톤, 2016년 240,909톤으로 각각 관찰되었다.

스티렌의 경우 수입량은 2011년 776,157톤, 2012년 803,873톤, 2013년 947,394톤, 2014년 845,789톤, 2015년 779,160톤, 2016년 806,173톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 1,230,524톤, 2012년 1,252,635톤, 2013년 1,265,591톤, 2014년 1,473,655톤, 2015년 1,246,952톤, 2016년 1,292,329톤으로 각각 관찰되었다.

메틸알코올의 경우 수입량은 2011년 1,616,726톤, 2012년 1,685,839톤, 2013년 1,694,925톤, 2014년 1,521,184톤, 2015년 1,624,695톤, 2016년 1,570,488톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 9,745톤, 2012년 6,425톤, 2013년 423톤, 2014년 442톤, 2015년 3,440톤, 2016년 3,614톤으로 각각 관찰되었다.

망간 및 그 무기화합물의 경우 수입량은 2011년 114,986톤, 2012년 68,007톤, 2013년 49,164톤, 2014년 72,151톤, 2015년 84,489톤, 2016년 86,914톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 449톤, 2012년 304톤, 2013년 563톤, 2014년 1,269톤, 2015년 12,971톤, 2016년 71,977톤으로 각각 관찰되었다.

아닐린과 아닐린동족체의 경우 수입량은 2011년 17,157톤, 2012년 15,992톤, 2013년 35,210톤, 2014년 18,054톤, 2015년 24,458톤, 2016년 16,224톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 0톤, 2012년 0톤, 2013년 242톤, 2014년 886톤, 2015년 1,350톤, 2016년 1,793톤으로 각각 관찰되었다.

시클로헥사논의 경우 수입량은 2011년 10,299톤, 2012년 17,281톤, 2013년 1,554톤, 2014년 1,163톤, 2015년 6,707톤, 2016년 15,545톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 42,411톤, 2012년 6,524톤, 2013년 12,845톤, 2014년 7,969톤, 2015년 343톤, 2016년 1,122톤으로 각각 관찰되었다.

코발트 및 그 무기화합물의 경우 수입량과 수출량에 대한 정보가 없는 것으로 관찰되었다. 디클로로메탄의 경우 수입량과 수출량에 대한 정보가 없는 것으로 관찰되었다.

트리클로로메탄(클로로포름)의 경우 수입량은 2011년 1,010톤, 2012년 675톤, 2013년 207톤, 2014년 61톤, 2015년 178톤, 2016년 539톤으로 조사되었으며 수출량은 2011년 15,740톤, 2012년 19,181톤, 2013년 16,956톤, 2014년 17,142톤, 2015년 12,267톤, 2016년 12,775톤으로 각각 관찰되었다.

<표 III-22> 연구대상 화학물질의 작업환경실태조사 분석결과

연번	화학물질명	용도	취급사업장수 (개소)		취급근로자수 (명)		취급량 (톤)	
			2009년	2014년	2009년	2014년	2009년	2014년
1	삼수소화비소	표면처리제, 반도체, 원자재, 원료로 사용	4	4	272	3,668	4.28	0.435592
2	암모니아	세제/살균, 소독제, 원자재, 원료, 연료, 용매제, 냉매, 환원제, 코팅제, 염료안료, 표백제, 전처리제 사용	512	878	4,811	29,958	2,343,841	4,799,030
3	메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트	세제/살균, 원자재, 원료, 발포제/기포제, 희석제, 고착제, 코팅제, 표면 처리제, 주물용, 몰딩, 냉매, 흡수제로 사용	233	409	1,076	2,658	1,531,039	1,136,055
4	염소	원자재, 원료, 연화제, 경화촉진제, 세제/살균, 소독제, 윤활유, 첨가제, 산화제, 안정제로 사용	66	116	1,412	8,409	742,279	9,292,661
5	브롬화 메틸	세제/살균, 소독제, 안료, 도료, 잉크/첨가제로 사용	5	10	61	35	69	265
6	수산화나트륨	연소촉진제, 박리제, 정제용, 수처리제, 정련제, 급결제, 품질분석용, 방부제, 세정제, 응고제, 산도분석용으로 사용	3,094	4,830	19,586	43,898	9,898,891	27,482,946

<표 III-23> 연구대상 화학물질의 작업환경실태조사 분석결과(계속)

연 번	화 학 물 질 명	용 도	취급사업장수 (개소)		취급근로자수 (명)		취급량 (톤)	
			2009년	2014년	2009년	2014년	2009년	2014년
7	산화에틸렌	합성출발물질 및 중간체, 세균/살균, 소독제, 접착제, 고정제, 실험/분석, 고분자원료, 발포/기포제, 세정제로 사용	39	271	844	2,330	126,556	24,228,602
8	염화비닐	안료, 도료, 잉크/첨가제, 원자재, 원료, 희석제, 접착제, 표면처리제, 단열제, 고분자원료로 사용	9	144	86	2,619	1,706,234	1,025,484
9	황산	연화제, 경화촉진제, 접착제, 현상액, 연마제, 6가크롬성분유무 실험, 전처리, 폐수처리, 분해첨가제, 안정제로 사용	2,076	2,968	16,367	62,544	5,648,566	21,986,345
10	1,3-부타디엔	원자재, 원료, 도포제, 안료, 도료, 잉크/첨가제, 희석제, 접착제, 방부제, 분석시료, 고분자원료, 완충제로 사용	26	47	453	1,965	1,265,594	1,417,227
11	1,2-디클로로프로판	원료, 원자재, 윤활유, 절삭유, 첨가제, 세균/살균, 소독제, 세정제, 표면처리제, 접착제, 탈지제, 희석제, 연화제, 경화촉진제, 용매제, 방부제로 사용	35	343	134	2,292	139	44,853

<표 III-24> 연구대상 화학물질의 작업환경실태조사 분석결과(계속)

연 번	화 학 물 질 명	용 도	취급사업장수 (개소)		취급근로자수 (명)		취급량 (톤)	
			2009년	2014년	2009년	2014년	2009년	2014년
12	톨루엔	경화제, 몰딩제, 배합제, 세척제, 용매제, 첨가제에 사용	7,050	10,738	61,205	93,278	27,518,855	25,428,021
13	수은	발광제, 보철재료, 소독제, 열처리제, 의약품, 충진제, 표면처리제에 사용	164	55	257	633	22	13,241
14	휘발성 클타르피치	몰딩제, 원료, 표면처리제 제조에 사용	8	18	231	85	473,550	117,137
15	일산화탄소	세정제, 연료, 용접제, 원료, 윤활유, 절삭유, 첨가제, 표면처리제 에 사용	35	52	408	9,589	137,265,668	1,420,621,735
16	베릴륨 및 그 화합물	원료 제조시 이용	5	14	15	172	44	136
17	니켈카보닐	니켈 정련시 중간정제물, 석유, 플라스틱 및 고무산업에서의 촉매제	정보없음	정보없음	정보없음	정보없음	정보없음	정보없음
18	아크릴로니트 릴	pH 조절제, 도형제, 부원료, 세정제, 안료, 도료, 접착제, 첨가제, 코팅제, 합성수지에 사용	46	97	403	2,125	641,710	3,690,577
19	스티렌	가소제, 경화제, 발포제, 원자재, 절연제, 접착제, 주입제, 첨가제, 합침제, 합성수지에 사용	930	755	4,643	6,790	7,060,651	12,374,401

<표 III-25> 연구대상 화학물질의 작업환경실태조사 분석결과(계속)

연 번	화 학 물 질 명	용 도	취급사업장수 (개소)		취급근로자수 (명)		취급량 (톤)	
			2009년	2014년	2009년	2014년	2009년	2014년
20	메틸알코올	pH 조절제, 건조제, 경화제, 냉각제, 도형제, 물딩제, 발열제, 부식제, 소독제에 사용	2,620	5,217	21,840	51,909	6,156,746	35,838,930
21	망간 및 그 무기화합물	건조 및 분리제, 연료, 용접제, 전기도금제, 접착제, 주원료, 첨가물, 코팅제에 사용	291	7,329	3,463	104,058	2,275,340	572,533,993
22	아닐린과 아닐린 동족체	세정제, 잉크, 안료, 도료, 원료, 점성조정제, 접착제, 주입제, 첨가제, 촉매에 사용	22	43	72	393	375	219,628
23	시클로헥사논	가황제, 건조 및 분리제, 도포제, 세정제, 안료, 도료, 용매제, 원자재, 첨가제, 코팅제, 표면 처리제, 희석제에 사용	504	866	7,706	98,193	1,803,453	256,955
24	코발트 및 그 무기화합물	보조제, 원료, 원재료, 전기도금제, 주입제, 초경원재료, 촉매제, 코팅제, 표면 처리제에 사용	62	301	683	4,485	9,357	156,639
25	디클로로메탄	건조 및 분리제, 농약중간제, 박리제, 발포제, 세정제, 첨가제, 용매제, 원료혼합, 정돈제, 촉매등 공정조절제에 사용	415	1,414	2,206	8,519	1,671,780	1,007,196
26	트리클로로메탄 (클로로포름)	고정제, 발포제, 세정제, 잉크 첨가제, 의약품, 접착제, 첨가제, 후처리제, 희석제에 사용	69	201	472	1,798	32,363	130,793

3) 한국무역협회 자료 검토

아래 <표 III-26>~<표 III-29>은 연구대상 물질별 한국무역협회에서 제공하는 수입, 수출량 현황을 최근 6년간의 정보를 정리하여 나타냈다. 휘발성콜타르 피치, 일산화탄소, 베릴륨 및 그 화합물, 니켈카보닐, 코발트 및 그 무기화합물, 디클로로메탄, 삼수소화비소 등 7가지 물질은 관련된 정보를 찾을 수 없었다.

암모니아의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 13톤, 2016년도: 369톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 1,042톤, 2016년도: 1,714톤) 또한 증가하는 추세를 보였다.

메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 517톤, 2016년도: 1,427톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 58,735톤, 2016년도: 62,561톤) 또한 증가하는 추세를 보였다.

염소의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 258톤, 2016년도: 227톤)은 감소하는 추세를 보였으나 큰 변화는 아니었으며, 수출량(2011년도: 213톤, 2016년도: 555톤)은 증가하는 추세를 보였다.

브롬화메틸의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 1톤, 2016년도: 2톤)은 증가하는 추세를 보였으나 큰 변화는 아니었으며, 수출량의 증감에 대한 변화는 없었다.

수산화나트륨의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 206,049톤, 2016년도: 408톤)은 큰 폭으로 감소하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 1,042톤, 2016년도: 1,714톤)은 증가하는 추세를 보였다.

산화에틸렌의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량에 대한 증감의 변화는 없었으며, 수출량(2011년도: 108톤, 2016년도: 0톤)은 감소하는 추세를 보였다.

염화비닐의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 6,017톤, 2016년도: 17,255톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 126,055

톤, 2016년도: 113,073톤)은 감소하는 추세를 보였다.

황산의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 103톤, 2016년도: 132톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 2,710,959톤, 2016년도: 2,900,650톤) 또한 증가하는 추세를 보였다.

1,3-부타디엔의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 366,622톤, 2016년도: 409,919톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 234,633톤, 2016년도: 155,517톤)은 감소하는 추세를 보였다.

톨루엔의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 163,305톤, 2016년도: 525,757톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 958,461톤, 2016년도: 532,578톤)은 감소하는 추세를 보였다.

수은의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 11톤, 2016년도: 1톤)은 감소하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 3톤, 2016년도: 0톤) 또한 감소하는 추세를 보였다.

아크릴로니트릴의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 87,084톤, 2016년도: 134,577톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 185,399톤, 2016년도: 240,909톤) 또한 증가하는 추세를 보였다.

스티렌의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 776,157톤, 2016년도: 806,173톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 1,230,524톤, 2016년도: 1,292,329톤) 또한 증가하는 추세를 보였다.

메틸알코올의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 1,616,726톤, 2016년도: 1,570,488톤)은 감소하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 9,745톤, 2016년도: 3,614톤) 또한 감소하는 추세를 보였다.

망간 및 그 무기화합물의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 114,986톤, 2016년도: 86,914톤)은 감소하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 449톤, 2016년도: 71,977톤)은 증가하는 추세를 보였다.

아닐린과 아닐린 동족체의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량

(2011년도: 17,157톤, 2016년도: 16,224톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 0톤, 2016년도: 1,793톤)은 큰 폭으로 증가하는 추세를 보였다.

시클로헥사논의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 10,299톤, 2016년도: 15,545톤)은 증가하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 42,411톤, 2016년도: 1,122톤)은 감소하는 추세를 보였다.

트리클로로메탄의 최근 6년간 수입·수출량을 검토하였을 때 수입량(2011년도: 1,010톤, 2016년도: 539톤)은 감소하는 추세를 보였으며, 수출량(2011년도: 15,740톤, 2016년도: 12,775톤) 또한 감소하는 추세를 보였다.

<표 III-26> 연구대상 화학물질의 한국무역협회 자료 검토결과

연 번	화 학 물 질 명	수 입 량 (톤)						수 출 량 (톤)					
		2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
1	삼수소화비소	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음
2	암모니아	13	19	23	22	32	369	1,042	1,300	1,261	1,281	1,520	1,714
3	메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트	517	801	110	137	703	1,427	58,735	48,748	60,559	64,142	68,902	62,561
4	염소	258	332	234	176	210	227	213	285	332	440	453	555
5	브롬화 메틸	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0
6	수산화나트륨	206,049	199,420	45,404	23,400	8,765	408	374,070	365,853	523,010	544,191	622,581	527,826
7	산화에틸렌	0	0	0	0	0	0	108	24	22	0	0	0

[illegible]

<표 III-28> 연구대상 화학물질의 한국무역협회 자료 검토결과(계속)

연 번	화 학 물 질 명	수 입 량 (톤)						수 출 량 (톤)					
		2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
15	일산화탄소	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음
16	베릴륨 및 그 화합물	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음
17	니켈카보닐	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음
18	아크릴로니트릴	87,084	113,472	100,032	90,358	105,260	134,577	185,399	201,085	306,053	276,410	243,088	240,909
19	스티렌	776,157	803,873	947,394	845,789	779,160	806,173	1,230,524	1,252,635	1,265,591	1,473,655	1,246,952	1,292,329
20	메틸알코올	1,616,726	1,685,839	1,694,925	1,521,184	1,624,695	1,570,488	9,745	6,425	423	442	3,440	3,614
21	망간 및 그 무기화합물	114,986	68,007	49,164	72,151	84,489	86,914	449	304	563	1,269	12,971	71,977

<표 III - 29> 연구대상 화학물질의 한국무역협회 자료 검토결과(계속)

연번	화학물질명	수입량 (톤)						수출량 (톤)					
		2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
22	아닐린과 아닐린 동족체	17,157	15,992	35,210	18,054	24,458	16,224	0	0	242	886	1,350	1,793
23	시클로헥사논	10,299	17,281	1,554	1,163	6,707	15,545	42,411	6,524	12,845	7,969	343	1,122
24	코발트 및 그 무기화합물	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음
25	디클로로메탄	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음	정보 없음
26	트리클로로메탄 (클로로포름)	1,010	675	207	61	178	539	15,740	19,181	16,956	17,142	12,267	12,775

3. 선정 화학물질의 국내외 화학물질 규제수준 조사

1) 연구대상 26종 화학물질에 대한 국내외 노출기준 조사

연구대상 화학물질 26종에 대한 국내외 노출기준을 제시하면 아래와 같다.

▶ 삼수소화비소

<표 III-30> 삼수소화비소(7784-42-1)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	0.005			
Australia	0.05	0.16	0.25	1
Austria	0.05	0.2		
Belgium	0.05	0.16		
Canada - Ontario	0.005			
Canada - Québec	0.05	0.16		
Denmark	0.01	0.03	0.02	0.06
Finland		0.01(1)		
France	0.05	0.2	0.2	0.8
Germany (AGS)	0.005	0.016	0.04(1)	0.128(1)
Hungary		0.2		0.8
Ireland	0.005	0.02		
Israel	0.02	0.06		
Japan - JSOH	0.01	0.032		
	0.1(1)	0.32(1)		

New Zealand	0.05	0.16		
People's Republic of China				0.03(1)
Poland		0.2		
Singapore	0.05	0.16		
South Korea	0.005	0.016		
Spain	0.05	0.16		
Sweden	0.02	0.05		
Switzerland	0.05	0.16		
USA - NIOSH				0.002(1)
USA - OSHA	0.05	0.2		
United Kingdom	0.05	0.16		
Remarks				
Finland	(1) calculated as As			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			
Japan - JSOH	(1) Occupational exposure limit ceiling: Reference value to the maximal exposure concentration of the substance during a working day			
People's Republic of China	(1) Ceiling limit value			
USA - NIOSH	(1) Ceiling limit value (15 min)			

▶ 암모니아

<표 III-31> 암모니아(7664-41-7)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	25	18	35	27
Australia	25	17	35	24
Austria	20	14	50	36
Belgium	20	14	50	36
Canada - Ontario	25		35	
Canada - Québec	25	17	35	24
Denmark	20	14	40	28
European Union	20	14	50	36
Finland	20	14	50 (1)	36 (1)
France	10	7	20	14
Germany (AGS)	20	14	40 (1)	28 (1)
Germany (DFG)	20	14	40	28
Hungary		14		36
Ireland	20	14	50 (1)	36 (1)
Italy	20	14	50	36
Latvia	20	14	50 (1)	36 (1)
New Zealand	25	17	35	24
People's Republic of China		20		30 (1)
Remarks				
European Union	Bold-type: Indicative Occupational Exposure Limit Values [2,3] and Limit Values for			

	Occupational Exposure [4] ~ (for references see bibliography)
Finland	(1) 15 minutes average value
France	Bold type: Restrictive statutory limit values
Germany (AGS)	(1) 15 Minutes average value
Germany (DFG)	STV 15 minutes average value
Ireland	(1) 15 minutes reference period
Latvia	(1) 15 minutes average value
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value
Sweden	(1) Ceiling limit value, refers to a 5 minutes period.
Turkey	(1) 15 minutes average value
USA - NIOSH	(1) 15 minutes average value

▶ 메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트

**<표 III-32> 메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트(101-68-8)의
국내외 노출기준**

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	0.005	0.055		
Australia	(1)			
Austria	0.005	0.05	0.01	0.1
Belgium	0.005	0.052		
Canada - Ontario	0.005		0.02 (1)	
Canada - Québec	0.005	0.051		
Denmark	0.005	0.05	0.01	0.1
France	0.01	0.1	0.02	0.2
Germany (AGS)		0.05 (1)		0.05 (1)(2)
Germany (DFG)		0.05 (1)		0.05 (1)(2)(3)
Hungary		0.05		0.05
Ireland		0.02 (1)		0.07 (1)(2)
People's Republic of China		0.05		0.1 (1)
Poland		0.05		0.2 (1)
Singapore	0.005	0.051		
South Korea	0.005	0.055		
Spain	0.005	0.052		
Sweden	0.002	0.03	0.005 (1)	0.05 (1)
USA - NIOSH	0.005	0.05	0.02 (1)	0.2 (1)
USA - OSHA			0.02	0.2
Remarks				

Australia	(1) see isocyanates, all
Canada - Ontario	(1) ceiling limit value
Germany (AGS)	(1) Inhalable aerosol and vapour (2) 15 minutes reference period (3) Ceiling limit value
Germany (DFG)	(1) Inhalable fraction and vapour (2) 15 minutes reference period (3) A momentary value of 0,1 mg/m ³ should not be exceeded.
Ireland	(1) as NCO (2) 15 minutes reference period
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value
Poland	(1) Ceiling value
Spain	sen
Sweden	(1) Ceiling limit value
USA - NIOSH	(1) Ceiling limit value (10 min)

▶ 염소

<표 III-33> 염소(7782-50-5)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	0.5	1.5	1	3
Australia			1 (1)	3 (1)
Austria	0.5	1.5	0.5	1.5
Belgium			0.5	1.5
Canada - Ontario	0.5		1	
Canada - Québec	0.5	1.5	1	2.9
Denmark	0.5	1.5	1.0	3.0
European Union			0.5	1.5
Finland			0.5 (1)	1.5 (1)
France			0.5	1.5
Germany (AGS)	0.5	1.5	0.5 (1)	1.5 (1)
Germany (DFG)	0.5	1.5	0.5	1.5
Hungary				1.5
Ireland			0.5 (1)	1.5 (1)
Italy			0.5	1.5
Japan	0.5			
Latvia	0.3	1	0.5 (1)	1.5 (1)
New Zealand	0.5	1.5	1	2.9
People's Republic of China				1 (1)
Poland		0.7		1.5
Singapore	0.5	1.5	1	2.9
South Korea	0.5	1.5	1	3

Spain			0.5	1.5
Sweden	0.5	1.5	1 (1)	3 (1)
Switzerland	0.5	1.5	0.5	1.5
The Netherlands				1.5
Turkey			0.5 (1)	1.5 (1)
USA - NIOSH			0.5 (1)	1.42 (1)
USA - OSHA			1	3
United Kingdom			0.5	1.5
Remarks				
Australia	(1) Ceiling limit value			
European Union	Bold-type: Indicative Occupational Exposure Limit Values [2,3] and Limit Values for Occupational Exposure [4] ~ (for references see bibliography)			
Finland	(1) 15 minutes average value			
France	Bold type: Restrictive statutory limit values			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			
Germany (DFG)	STV 15 minutes average value			
Ireland	(1) 15 minutes reference period			
Latvia	(1) 15 minutes average value			
People's Republic of China	(1) Ceiling limit value			
Sweden	(1) Ceiling limit value			
Turkey	(1) 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) Ceiling limit value			

▶ 브롬화 메틸

<표 III-34> 브롬화 메틸(74-83-9)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	1	3.9		
Australia	5	19		
Belgium	2	9		
Canada - Ontario	1			
Canada - Québec	5	19		
Denmark	5	20	10	40
Finland	5	20	10 (1)	39 (1)
France	5	20		
Germany (AGS)	1	3.9	2 (1)	7.8 (1)
Germany (DFG)	1	3.9	2 (1)	7.8 (1)
Hungary		10		10
Ireland	5	20	15 (1)	60 (1)
Japan	1			
Latvia		1		
New Zealand	5	19		
People's Republic of China		2		
Poland		5		15
Singapore	5	19		
South Korea	1	3.9		
Spain	1	4		
Sweden	5	19	10 (1)	40 (1)
Switzerland	1	3.9	2	7.8

USA - OSHA			20	80
United Kingdom	5	20	15	59
Remarks				
Finland	(1) 15 minutes average value			
France	Bold type: Restrictive statutory limit values			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes reference period			
Germany (DFG)	(1) 15 minutes average value			
Ireland	(1) 15 minutes reference period			
Spain	skin			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			

▶ 수산화나트륨

<표 III-35> 수산화나트륨(1310-73-2)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부		C 2		
Australia				2 (1)
Austria		2 inhalable aerosol		4 inhalable aerosol
Belgium		2		
Canada - Ontario				2 (1)
Canada - Québec				2 (1)
Denmark		2		2
Finland				2 (1)
France		2		
Hungary		2		2
Ireland				2 (1)
Latvia		0,5		
New Zealand				2 (1)
People's Republic of China				2 (1)
Poland		0,5		1
Singapore				2
South Korea				2 (1)
Spain		2		
Sweden		1		2 (1)(2)
Switzerland		2 inhalable aerosol		2 inhalable aerosol
USA - NIOSH				2 (1)

USA - OSHA		2		
United Kingdom				2
Remarks				
Australia	(1) Ceiling limit value			
Canada - Ontario	(1) Ceiling limit value			
Canada - Québec	(1) Ceiling limit value			
Finland	(1) Ceiling limit value			
Ireland	(1) 15 minutes reference period			
New Zealand	(1) Ceiling limit value			
People's Republic of China	(1) Ceiling limit value			
South Korea	(1) Ceiling limit value			
Sweden	(1) Inhalable dust (2) Ceiling limit value			
USA - NIOSH	(1) Ceiling limit value (15 min)			

▶ 산화에틸렌

<표 III-36> 산화에틸렌(75-21-8)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	1	2		
Australia	1	1.8		
Austria	1	2	4	8
Belgium	1	1.8		
Canada - Ontario	1	1.8	10	18
Canada - Québec	1	1.8		
Denmark	1	1.8	2	3.6
Finland	1	1.8		
France	1		5	
Germany (AGS)	1 (1)	2 (1)	2 (1)(3)	4 (1)(3)
	0.1 (2)	0.2 (2)		
Hungary				1.8
Ireland	5	10		
Japan	1			
Latvia		1		
New Zealand	1	1.8		
People's Republic of China		2		
Poland		1		
Singapore	1	1.8		
South Korea	1	2		
Spain	1	1.8		
Sweden	1	2	5 (1)	9 (1)

Switzerland	1	2		
The Netherlands		0.84		
USA - NIOSH	0.1	0.18	5 (1)	9 (1)
USA - OSHA	1		5	
United Kingdom	5	9.2		
Remarks				
Austria	TRK value (based on technical feasibility)			
Germany (AGS)	(1) Workplace exposure concentration corresponding to the proposed tolerable cancer risk. (see background document: Germany AGS) (2) Workplace exposure concentration corresponding to the proposed preliminary acceptable cancer risk. (see background document: Germany AGS) (3) 15 minutes average value			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) Ceiling limit value (10 min)			

▶ 염화비닐

<표 III-37> 염화비닐(75-01-4)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	1			
Australia	5	13		
Austria	2	5	4 (1)	10 (1)
Belgium	3	7.77		
Canada - Ontario	1			
Canada - Québec	1	2.6		
Denmark	1	3	2	6
European Union	3	7.7		
Finland	3	7.7		
France	1	2.59		
Germany (AGS)	3	7.7		
Hungary				7.77
Ireland	3	7.77		
Italy	3	7.77		
Japan	2			
Latvia	3	7.77		
New Zealand	5	13		
People's Republic of China		10		
Poland		5		30
Singapore	5	13		
South Korea	1			
Spain	3	7.8		

Sweden	1	2.5	5 (1)	13 (1)
Switzerland	2	5.2		
The Netherlands		7.77		
Turkey	3	7.77		
USA - OSHA	1		5	
United Kingdom	3			
Remarks				
Austria	(1) 15 minutes reference period			
European Union	Bold-type: Indicative Occupational Exposure Limit Values [2,3] and Limit Values for Occupational Exposure [4] Bindung Occupational Exposure Limit Value - BOELV ~ (for references see bibliography)			
France	Bold type: Restrictive statutory limit values			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			

▶ 황산

<표 III-38> 황산(7664-93-9) 의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부		0.2		0.6
Australia		1		3
Austria		0.1 inhalable aerosol		0.2 inhalable aerosol
Belgium		1		3
Canada - Ontario		0.2 (1)		
Canada - Québec		1		3
Denmark		1		2
European Union		0.05 thoracic fraction		
Finland		0.05 (1)		0.1 (1)(2)
France		0.05 thoracic fraction		3
Germany (AGS)		0.1 inhalable aerosol		0.1 inhalable aerosol (1)
Germany (DFG)		0.1 inhalable aerosol		0.1 inhalable aerosol (1)(2)
Hungary		1		1
Ireland		0.05		
Italy		0.05		

Latvia		1		
New Zealand		1		
People's Republic of China		1		2 (1)
Poland		1		3
		0.05		
Singapore		1		3
South Korea		0.2		0.6
Spain		1		3
Sweden		0.1 (1)		0.2 (2)
Switzerland		0.1 inhalable aerosol		0.1 inhalable aerosol
The Netherlands		0.05 thoracic aerosol		
Turkey		0.05		
USA - NIOSH		1		
USA - OSHA		1		
United Kingdom		[1]		
Remarks				
Canada - Ontario	(1) Thoracic aerosol			
European Union	Bold-type: Indicative Occupational Exposure Limit Values [2,3] and Limit Values for Occupational Exposure [4] ~ (for references see bibliography)			
Finland	(1) thoracic fraction (2) 15 minutes average value			
France	Italics type: Indicative statutory limit values			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			

165 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

Germany (DFG)	(1) 15 minutes average value (2) A momentary value of 0,2 mg/m ³ should not be exceeded
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value
Poland	Thoracal fraction

▶ 1,3-부타디엔

<표 III-39> 1,3-부타디엔(106-99-0)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	2	4.4	10	22
Australia	10	22		
Austria	5	11	20	44
Belgium	2	4.5		
Canada - Ontario	2			
Canada - Québec	2	4.4		
Denmark	10	22	20	44
Finland	1	2.2		
Germany (AGS)	2 (1)	5 (1)	16 (1)(3)	40 (1)(3)
	0.2 (2)	0.5 (2)		
Hungary				1
Ireland	1	2.2		
Latvia		100		
New Zealand	10	22		
People's Republic of China		5		
Poland		4.4		
Singapore	2	4.4		
South Korea	2	4.4	10	22
Spain	2	4.5		
Sweden	0.5	1	5 (1)	10 (1)
Switzerland	5	11		
The Netherlands		46.2		

167 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

USA - NIOSH	0.19 LOQ (1)			
USA - OSHA	1		15	
United Kingdom	10	22		
Remarks				
Austria	TRK value (based on technical feasibility)			
Germany (AGS)	(1) Workplace exposure concentration corresponding to the proposed tolerable cancer risk. (see background document: Germany AGS) (2) Workplace exposure concentration corresponding to the proposed preliminary acceptable cancer risk. (see background document: Germany AGS) (3) 15 minutes average value			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) lowest feasible concentration			

▶ 1,2-디클로로프로판

<표 III-40> 1,2-디클로로프로판(78-87-5)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	37	350	110	510
Australia	75	347	110	508
Belgium	10	47		
Canada - Ontario	10			
Canada - Québec	75	347	110	508
Denmark	75	350	150	700
Finland	10	46	20 (1)	92 (1)
France	75	350		
Hungary		50		50
Ireland	10	46		
Japan - JSOH	1	4,6		
New Zealand	75	347	110	508
People's Republic of China		350		500 (1)
Poland		50		
Singapore	75	347	110	508
South Korea	75	350	110	510
Spain	10	47		
Switzerland	75	350		
USA - OSHA	75	350		
Remarks				
Finland	(1) 15 minutes average value			
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value			

▶ 톨루엔

<표 III-41> 톨루엔(108-88-3)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	50	188	150	560
Australia	50	191	150	574
Austria	50	190	100	380
Belgium	20	77	100	384
Canada - Ontario	20			
Canada - Québec	50	188		
Denmark	25	94	50	188
European Union	50	192	100	384
Finland	25	81	100 (1)	380 (1)
France	20	76.8	100	384
Germany (AGS)	50	190	200 (1)	760 (1)
Germany (DFG)	50	190	200	760
Hungary		190		380
Ireland	50	192	100 (1)	384 (1)
Italy	50	192		
Japan	20			
Latvia	14	50	40 (1)	150 (1)
New Zealand	50	188		
People's Republic of China		50		100 (1)
Poland		100		200
Singapore	50	188		
South Korea	50	188	150	560

Spain	50	191	100	384
Sweden	50	192	100 (1)	384 (1)
Switzerland	50	190	200	760
The Netherlands		150		384
USA - NIOSH	100	375	150 (1)	560 (1)
USA - OSHA	200		300	
United Kingdom	50	191	100	384
Remarks				
European Union	Bold-type: Indicative Occupational Exposure Limit Values [2,3] and Limit Values for Occupational Exposure [4] (for references see bibliography)			
Finland	(1) 15 minutes average value			
France	Bold type: Restrictive statutory limit values			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			
Germany (DFG)	STV 15 minutes average value			
Ireland	(1) 15 minutes reference period			
Italy	skin			
Latvia	(1) 15 minutes average value			
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value			
Spain	skin			
Sweden	(1) Short term value, 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) 15 minutes average value			

▶ 수은

<표 III-42> 수은(7439-97-6)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부		0.1		
Australia	0.003	0.025		
Austria		0.02		0.08
Canada - Ontario		0.025		
Finland		0.02 (1)		
Germany (AGS)		0.02		0.16 (1)
Germany (DFG)		0.02 inhalable aerosol		0.16 inhalable aerosol (1)
New Zealand		0.025 (1)		
People's Republic of China		0.02		0.04 (1)
Poland		0.02		
Singapore		0.025		
South Korea		0.025		
Switzerland	0.005 (1)	0.05 (1)	0.04 (1)	0.4 (1)
USA - NIOSH		0.05		
Remarks				
Finland	(1) calculated as Hg			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			
Germany (DFG)	(1) 15 minutes average value			
New Zealand	(1) Exposure can also be estimated by biological monitoring.			
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value			
Switzerland	(1) Vapour and aerosol			

▶ 휘발성콜타르피치

<표 III - 43> 휘발성콜타르피치(65996-93-2)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부		0.2		
Belgium		0.2		
Canada - Ontario		0.2 (1)		
Canada - Québec		0.2		
Denmark		0.2		0.4
France		0.2		
Japan		0.2		
People's Republic of China		0.2		
South Korea		0.2		
Spain		0.2		
Switzerland		0.2 inhalable aerosol		
Remarks				
Canada - Ontario	(1) as benzene soluble aerosol			
Japan	as benzene solubility			

▶ 일산화탄소

<표 III - 44> 일산화탄소(630-08-0)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	30	34	200	229
Australia	30	34		
Austria	30	33	60	66
Belgium	25	29		
Canada - Ontario	25		100	
Canada - Québec	35	40	200	230
Denmark	25	29	50	58
Finland	30	35	75 (1)	87 (1)
France	50	55		
Germany (AGS)	30	35	60 (1)	70 (1)
Germany (DFG)	30	35	60	70 (1)
Hungary		33		66
Ireland	20	23	100 (1)	115 (1)
New Zealand	25		400 (1)	
			200 (2)	
			100 (3)	
People's Republic of China		20 (1)		30 (1) (4)
				20 (2)
				15 (3)
Poland		23		117
Singapore	25	29		
South Korea	30	34	200	229

Spain	25	29		
Sweden	35	40	100 (1)	120 (1)
Switzerland	30	35	60	70
The Netherlands		29		
USA - NIOSH	35	40	200 (1)	229 (1)
USA - OSHA	50	55		
United Kingdom	30	35	200	232
Remarks				
Finland	(1) 15 minutes average value			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			
Germany (DFG)	(1) 15 minutes average value			
Ireland	(1) 15 minutes reference period			
New Zealand	(1) Ceiling limit value (2) 15 minutes average value (3) 30 minutes average value (4) 60 minutes average value			
People's Republic of China	(1) not in high altitude area (2) in high altitude area (2000-3000m) ceiling limit value (3) in high altitude area (> 3000m) ceiling limit value (4) 15 minutes average value			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) Ceiling limit value			

▶ 베릴륨 및 그 화합물

<표 III-45> 베릴륨(7440-41-7) 및 그 화합물의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부		0.002		0.01
Australia		0.002		
Austria		0.002		0.008
Belgium		0.002		0.01
Canada - Ontario		0.002		0.01
Canada - Québec		0.00015		
Denmark		0.001		0.002
Finland		0.0001		0.0004 (1)
France		0.002		
Germany (AGS)		0.00006 (1)		0.00006 (1)(3)
		0.00014 (2)		0.00014 (2)(3)
Hungary				0.002
Ireland		0.0002		
Japan		0.001		
Latvia		0.001		
New Zealand		0.002		
People's Republic of China		0.0005		0.001 (1)
Poland		0.0002		
Singapore		0.002		
South Korea		0.002		0.01

Spain		0.0002 inhalable aerosol		
Sweden		0.002 (1)		
Switzerland		0.002 inhalable aerosol		
USA - NIOSH		0.0005 (1)		0.0005 (1)
USA - OSHA		0.002		0.005
United Kingdom		0.002		
Remarks				
Austria	TRK value (based on technical feasibility)			
Finland	(1) 15 minutes average value			
Germany (AGS)	(1) Respirable fraction (2) Inhalable fraction (3) 15 minutes average value			
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value			
Poland	inorganic compounds			
Spain	sen			
Sweden	(1) Total dust			
USA - NIOSH	(1) not to exceed			

▶ 니켈카보닐

<표 III-46> 니켈카보닐(13463-39-3)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	0.001	0.007		
Finland	0.001	0.007	0.003 (1)	0.021 (1)
Remarks				
Finland	(1) 15 minutes average value			

▶ 아크릴로니트릴

<표 III-47> 아크릴로니트릴(107-13-1)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	2	4.5		
Australia	2	4.3		
Austria	2	4.5	8	18
Belgium	2	4.4		
Canada - Ontario	2		10	
Canada - Québec	2	4.3		
Denmark	2	4	4	8
Finland	2	4.4	4 (1)	8.8 (1)
France	2	4.5	15	32.5
Germany (AGS)	1.2 (1)	2.6 (1)	9.6 (1)(3)	20.8 (1)(3)
	0.12 (2)	0.26 (2)		

Hungary				4,3
Ireland	4	4.5		
Japan	2			
Latvia		0.5		
New Zealand	2	4.3		
People's Republic of China		1		2 (1)
Poland		2		10
Singapore	2	4.3		
South Korea	2	4.5		
Spain	2	4.4		
Sweden	2	4.5	6 (1)	13 (1)
Switzerland	2	4.5		
USA - NIOSH	1		10 (1)	
USA - OSHA	2		10	
United Kingdom	2	4.4		
Remarks				
Austria	TRK value (based on technical feasibility)			
Finland	(1) 15 minutes average value			
Germany (AGS)	(1) Workplace exposure concentration corresponding to the proposed tolerable cancer risk. (see background document: Germany AGS) (2) workplace exposure concentration corresponding to the proposed preliminary acceptable cancer risk . (see background document: Germany AGS) (3) 15 minutes average value			
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value			
Spain	skin, sen			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) Ceiling limit value			

▶ 스티렌

<표 III-48> 스티렌(100-42-5)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	20	85	40	170
Australia	50	213	100	426
Austria	20	85	80	340
Belgium	50	216	100	432
Canada - Ontario	35		100	
Canada - Québec	50	213	100	426
Denmark	25	105	25	105
Finland	20	86	100 (1)	430 (1)
France	50	215		
Germany (AGS)	20	86	40 (1)	172 (1)
Germany (DFG)	20	86	40 (1)	172 (1)
Hungary		50		50
Ireland	20	85	40 (1)	170 (1)
Japan	50			
Latvia		10		30 (1)
New Zealand	50	213	100	426
People's Republic of China		50		100 (1)
Poland		50		200
Singapore	50	213	100	426
South Korea	20	85	40	170
Spain	20	86	40	172
Sweden	10	43	20 (1)	86 (1)

Switzerland	20	85	40	170
USA - NIOSH	50	215	100 (1)	425 (1)
USA - OSHA	100		200	
United Kingdom	100	430	250	1080
Remarks				
Finland	(1) 15 minutes average value			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			
Germany (DFG)	(1) 15 minutes average value			
Ireland	(1) 15 minutes reference period			
Latvia	(1) 15 minutes average value			
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value			
Sweden	(1) Short term value, 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) 15 minutes average value			

▶ 메틸알코올

<표 III-49> 메틸알코올(67-56-1)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	200	260	250	310
Australia	200	262	250	328
Austria	200	260	800	1040
Belgium	200	266	250	333
Canada - Ontario	200		250	
Canada - Québec	200	262	250	328
Denmark	200	260	400	520
European Union	200	260		
Finland	200	270	250 (1)	330 (1)
France	200	260	1000	1300
Germany (AGS)	200	270	800 (1)	1080 (1)
Germany (DFG)	200	270	800	1080
Hungary		260		
Ireland	200	260		
Italy	200	260		
Japan	200			
Latvia	200	260		
New Zealand	200	262	250	328
People's Republic of China		25		50 (1)
Poland		100		300
Singapore	200	262	250	328
South Korea	200	260	250	310

Spain	200	266	250	333
Sweden	200	250	250 (1)	350 (1)
Switzerland	200	260	800	1040
The Netherlands		133		
USA - NIOSH	200	260	250 (1)	325 (1)
USA - OSHA	200	260		
United Kingdom	200	266	250	333
Remarks				
European Union	Bold-type: Indicative Occupational Exposure Limit Values [2,3] and Limit Values for Occupational Exposure [4] (for references see bibliography)			
Finland	(1) 15 minutes average value			
France	Bold type: Restrictive statutory limit values			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			
Germany (DFG)	STV 15 minutes average value			
Italy	skin			
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value			
Spain	skin			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) 15 minutes average value			

▶ 망간 및 그 무기화합물

**<표 III-50> 망간(7439-96-5) 및 그 무기화합물의 국내외
노출기준**

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부		1		
Australia		1		
Austria		0.5 inhalable aerosol		2 inhalable aerosol
Belgium		0.2		
Canada - Ontario		0.2		
Canada - Québec		5		
Denmark		0.2		0.4
Finland		0.2 (1)		
		0.02 (2)		
Germany (AGS)		0.02 (1)		0.16 (1)(3)(4)
		0.2 (2)		1.6 (2)(3)(4)
Germany (DFG)		0.02 respirable aerosol		0.16 respirable aerosol (1)(3)
		0.2 inhalable aerosol		1.6 inhalable aerosol (2)(3)
Hungary		5		20
Ireland		0.2 (1)		3 (1)(2)
		0.2 (3)		

Japan		1		
Latvia		0.1 (1)		
New Zealand		1		
Poland		0.3		
Singapore		1		
South Korea		1		
Spain		0.2		
Sweden		0.2 total aerosol		
		0.1 respirable aerosol		
Switzerland		0.5 inhalable aerosol		
USA - NIOSH		1		3 (1)
USA - OSHA				5
United Kingdom		0.5		
Remarks				
Finland	(1) Inhalable fraction (2) Respirable fraction			
Germany (AGS)	(1) Respirable fraction (2) Inhalable fraction (3) 15 minutes average value (4) STV exceeding factor for permanganates: 1			
Germany (DFG)	(1) permanganates: STV 0,02 mg/m ³ , (2) permanganates: STV 0,2 mg/m ³ (3) 15 minutes average value			
Ireland	(1) Manganese fume (2) 15 minutes reference period (3) Manganese and compounds as Mn			
Latvia	(1) Welding aerosol			
USA - NIOSH	(1) 15 minutes average value			

▶ 아닐린과 아닐린 동족체

<표 III - 51> 아닐린과 아닐린 동족체(62-53-3)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	2	10		
Australia	2	7.6		
Austria	2	8	10	40
Belgium	2	7.7		
Canada - Ontario	2			
Canada - Québec	2	7.6		
Denmark	1	4	2	8
Finland	0,5	1.9	1.0 (1)	3.9 (1)
France	2	10		
Germany (AGS)	2 (1)	7.7 (1)	4 (1)(2)	15.4 (1)(2)
Germany (DFG)	2	7.7	4	15.4
Hungary		8		32
Ireland	1	3.8		
Latvia		0.1		
New Zealand	1 (1)	4		
People's Republic of China		3		
Poland		5		20
Singapore	2	7.6		
South Korea	2	10		
Spain	2	7.7		

Sweden	1	4	2 (1)	8 (1)
Switzerland	2	8	4	16
USA - NIOSH	(1)			
USA - OSHA	5	19		
United Kingdom	1	4		
Remarks				
Finland	(1) 15 minutes average value			
Germany (AGS)	(1) Inhalable aerosol and vapour (2) 15 minutes average value			
Germany (DFG)	STV 15 minutes average value			
New Zealand	(1) and homologues			
Spain	skin			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) lowest feasible concentration			
USA - OSHA	The LV is listed as "Aniline and homologues"			

▶ 시클로헥사논

<표 III-52> 시클로헥사논(108-94-1)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	25	100	50	200
Australia	25	100		
Austria	5	20	20	80
Belgium	10	40.8	20	81.6
Canada - Ontario	20		50	
Canada - Québec	25	100		
Denmark	10	40	20	80
European Union	10	40.8	20	81.6
Finland	10	41	20 (1)	82 (1)
France	10	40.8	20	81.6
Germany (AGS)	20	80	20 (1)	80 (1)
Hungary		40.8		81.6
Ireland	10	40.8	20 (1)	81.6 (1)
Italy	10	40.8	20	81.6
Japan	20			
Latvia	10	40.8	20 (1)	81.6 (1)
New Zealand	25	100		
People's Republic of China		50		
Poland		40		80
Singapore	25	100		
South Korea	25	100	50	200
Spain	10	41	20	82

Sweden	10	41	20 (1)	81 (1)
Switzerland	25	100	50	200
The Netherlands				50
USA - NIOSH	25	100		
USA - OSHA	50	200		
United Kingdom	10	39	20	78
Remarks				
European Union	Bold-type: Indicative Occupational Exposure Limit Values [2,3] and Limit Values for Occupational Exposure [4] (for references see bibliography)			
Finland	(1) 15 minutes average value			
France	Bold type: Restrictive statutory limit values			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			
Ireland	(1) 15 minutes reference period			
Italy	skin			
Latvia	(1) 15 minutes average value			
Spain	skin			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			

▶ 코발트 및 그 무기화합물

**<표 III-53> 코발트(7440-48-4) 및 그 무기화합물의 국내외
노출기준**

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부		0.02		
Australia		0.05		
Austria		0.1		0.4
Belgium		0.02		
Canada - Ontario		0.02		
Canada - Québec		0.02		
Denmark		0.01		0.02
Finland		0.02		
Hungary		0.1		0.4
Ireland		0.1		
Japan		0.02 (1)		
Latvia		0.5		
New Zealand		0.05 (1)		
People's Republic of China		0.05		0.1 (1)
Poland		0.02		
Singapore		0.02		
South Korea		0.02		
Spain		0.02		
Sweden		0.02 (1)		
Switzerland		0.05 inhalable		

		aerosol		
The Netherlands		0.02		
USA - OSHA		0.1		
United Kingdom		0.1		
Remarks				
Austria	TRK value (based on technical feasibility)			
Finland				
Japan	(1) Cobalt and inorganic compounds			
New Zealand	(1) Exposure can also be estimated by biological monitoring.			
People's Republic of China	(1) 15 minutes average value			
Spain	sen			
Sweden	(1) cobalt and inorganic compounds			
The Netherlands	Dust and fume			

▶ 디클로로메탄

<표 III-54> 디클로로메탄(75-09-2)의 국내외 노출기준

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	50	175		
Australia	50	174		
Austria	50	175	200	700
Belgium	50	177		
Canada - Ontario	50			
Canada - Québec	50	174		
Denmark	35	122	70	244
Finland	100	350	250 (1)	880 (1)
France	50	178	100	356
Germany (AGS)	50	180	100 (1)	360 (1)
Germany (DFG)	50	180	100 (1)	360 (1)
Hungary		10		10
Ireland	50	174	150 (1)	550 (1)
Japan	100			
Latvia		150		150 (1)
New Zealand	50	174		
People's Republic of China		200		
Poland		88		
Singapore	50	174		
South Korea	50	175		
Spain	50	177		
Sweden	35	120	70 (1)	250 (1)

Switzerland	50	180		
USA - OSHA	25		125	
United Kingdom	100	350	300	1060
Remarks				
Finland	(1) 15 minutes average value			
France	Bold type: Restrictive statutory limit values			
Germany (AGS)	(1) 15 minutes average value			
Germany (DFG)	(1) 15 minutes average value			
Ireland	(1) 15 minutes reference period			
Latvia	(1) 15 minutes average value			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			

▶ 트리클로로메탄(클로로폼)

**<표 III - 55> 트리클로로메탄(클로로폼)(67-66-3)의 국내외
노출기준**

Country	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
고용노동부	10	50		
Australia	2	10		
Austria	2	10		
Belgium	2	10		
Canada - Ontario	10			
Canada - Québec	5	24.4		
Denmark	2	10	4	20
European Union	2	10		
Finland	2	10	4 (1)	20 (1)
France	2	10	50	250
Germany (AGS)	0.5	2.5	1 (1)	5 (1)
Germany (DFG)	0.5	2.5	1 (1)	5 (1)
Hungary		10		10
Ireland	2	9.8		
Italy	2	10		
Japan	3			
Latvia	2	10		
New Zealand	2	9.9		
People's Republic of China		20		
Poland		8		
Singapore	10	49		

South Korea	10	50		
Spain	2	10		
Sweden	2	10	5 (1)	25 (1)
Switzerland	0.5	2.5	1	5
The Netherlands		5		25
USA - NIOSH			2 (1)	9.78 (1)
USA - OSHA			50	240
United Kingdom	2	9.9		
Remarks				
European Union	Bold-type: Indicative Occupational Exposure Limit Values [2,3] and Limit Values for Occupational Exposure [4] (for references see bibliography)			
Finland	(1) 15 minutes average value			
France	Bold type: Restrictive statutory limit values			
Germany (AGS)	(1) 15 Minutes average value			
Germany (DFG)	(1) 15 minutes average value			
Italy	skin			
Spain	skin			
Sweden	(1) Short-term value, 15 minutes average value			
USA - NIOSH	(1) 60 minutes average value			

2) 미국 OSHA의 허용기준(Permissible Exposure Limits) 검토

연구대상 화학물질 26종에 대한 미국 OSHA의 PEL(Permissible Exposure Limits)검토 결과는 아래 <표 III-56>과 같다.

<표 III-56> 미국 OSHA의 허용기준(PEL)

물질명(CAS No.)	Regulatory Limits	
	OSHA PEL	Cal/OSHA PEL (as of 4/26/13)
		8-hour TWA (ST) STEL (C) Ceiling
삼수소화비소 (7784-42-1)	0.05 ppm 0.2 35 mg/m ³	0.05 ppm
암모니아 (7664-41-7)	50 ppm 35 mg/m ³	25 ppm (ST) 35 ppm
메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트 (101-68-8)	(C) 0.02 ppm (C) 0.2 mg/m ³	0.005 ppm
염소 (7782-50-5)	(C) 1 ppm (C) 3 mg/m ³	0.5 ppm (ST) 1 ppm
브롬화 메틸 (74-83-9)	(C) 20 ppm (C) 80 mg/m ³	1 ppm (ST) 20 ppm
수산화나트륨 (1310-73-2)	2 mg/m ³	(C) 2 mg/m ³
산화에틸렌 (75-21-8)	-	1 ppm (ST) 5 ppm See Section 5220
염화비닐 (75-01-4)	-	1 ppm See Section 5210
황산 (7664-93-9)	1 mg/m ³	0.1 mg/m ³ (ST) 3 mg/m ³

1,3-부타디엔 (106-99-0)	1 ppm 5 ppm STEL	1 ppm (ST) 5 ppm See Section 5201
1,2-디클로로프로판 (78-87-5)	75 ppm 350 mg/m ³	75 ppm (ST) 110 ppm
톨루엔 (108-88-3)	300 ppm	10 ppm (ST) 150 ppm (C) 500 ppm
수은 (7439-97-6)	0.1 mg/m ³	0.025 mg/m ³ for metallic and inorganic
휘발성콜타르피치 (65996-93-2)	0.2 mg/m ³	0.2 mg/m ³
일산화탄소 (630-08-0)	50 ppm 55 mg/m ³	25 ppm (C) 200 ppm
베릴륨 및 그 화합물 (7440-41-7)	5 µg/m ³	0.2 µg/m ³ (C) 25 µg/m ³
니켈카보닐 (13463-39-3)	0.001 ppm 0.007 mg/m ³	0.001 ppm
아크릴로니트릴 (107-13-1)	-	2 ppm
스티렌 (100-42-5)	200 ppm	50 ppm (ST) 100 ppm (C) 500 ppm
메틸알코올 (67-56-1)	200 ppm	260 mg/m ³
망간 및 그 무기화합물 (7439-96-5)	(C) 5 mg/m ³	0.2 mg/m ³
아닐린과 아닐린 동족체 (62-53-3)	5 ppm 19 mg/m ³	2 ppm (aniline only)
시클로헥사논 (108-94-1)	50 ppm 200 mg/m ³	25 ppm

197 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

코발트 및 그 무기화합물 (7440-48-4)	0.1 mg/m ³	0.02 mg/m ³
디클로로메탄 (75-09-2)	-	25 ppm (ST) 125 ppm
트리클로로메탄 (클로로포름) (67-66-3)	(C) 50 ppm (C) 240 mg/m ³	2 ppm

3) 국내외 타 부처의 규제기준 고찰

연구대상 화학물질 26종에 대한 국내외 타 부처의 규제기준 고찰 결과는 아래 <표 III-57>과 같다. 아래 <표 III-57>에 나타난 국외 규제기준에 대한 내용은 국내의 허용기준과 유사한 법적기준으로 연구대상 화학물질을 관리 및 규제 하는 국가 기관의 규정에 대하여 조사한 내용이며 조사결과 미국, 영국, 독일, 일본 등의 국가에서 국내의 허용기준과 유사한 법적기준을 가지고 규제되는 것으로 조사되었다.

<표 III-57> 국내외 타 부처의 규제기준

물질명 (CAS No.)	국내				국외
	산안법	화관법	위험물	폐기물	
삼수소화비소 (7784-42-1)	작측 관리 특검 노출	유독	-	지정 폐기물	미국관리정보 (OSHA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정) 미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 일본 (JSOH 규정)
암모니아 (7664-41-7)	작측 관리 공정 노출	유독 사고	-	-	미국관리정보 (OSHA 규정) 미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정) 미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 미국관리정보

					(EPCRA 313 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정)
메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트 (101-68-8)	작측 관리 특검 노출	유독	-	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정)
염소 (7782-50-5)	작측 관리 특검 공정 노출	사고	-	-	미국관리정보 (OSHA 규정) 미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정) 미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정) 일본 (JSOH 규정)
브롬화 메틸 (74-83-9)	작측 관리 특검 공정 노출	유독 제한	-	지정 폐기물	미국관리정보 (OSHA 규정) 미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정)

					미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 미국관리정보 (몬트리올의정서물질) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정) 일본 (JSHO 규정)
수산화나트륨 (1310-73-2)	작측 관리 노출	유독	-	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 영국 (COMAH 규정)
산화에틸렌 (75-21-8)	작측 관리 특검 특별 공정 노출	유독 사고	-	-	미국관리정보 (OSHA 규정) 미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정) 미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정)
염화비닐 (75-01-4)	작측 허가 특검 공정 노출	유독 사고	-	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국

201 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

					(COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 일본 (JSOH 규정)
황산 (7664-93-9)	작측 관리 특검 특별 노출	유독 사고	-	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정) 미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정)
1,3-부타디엔 (106-99-0)	작측 관리 특검 특별 공정 노출	유독	-	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정)
1,2-디클로로프로판 (78-87-5)	공정 노출	유독	4류제1석유 류(수용성) 400L	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 일본 (JSOH 규정)
톨루엔 (108-88-3)	작측 관리 특검 노출	유독	4류제1석유 류(수용성) 200L	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국

					(COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정) 일본 (JSOH 규정)
수은 (7439-97-6)	작측 관리 특검 특별 노출	유독	-	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 미국관리정보 (몬트리올의정서물질) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정) 일본 (JSOH 규정)
휘발성 콜타르피치 (65996-93-2)	작측 특검 허가 노출	-	-	지정 폐기물	일본 (JSOH 규정)
일산화탄소 (630-08-0)	작측 관리 특검 노출	사고	-	지정 폐기물	영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정)
베릴륨 및 그 화합물 (7440-41-7)	작측 특검 노출	-	제2류 5. 금속분 500kg	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 일본

203 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

					(JSOH 규정)
니켈카보닐 (13463-39-3)	작측 관리 특검 노출	유독 사고	4류 제1석유류 (비수용성) 200L	지정 폐기물	미국관리정보 (OSHA 규정) 미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정) 미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정)
아크릴로니트릴 (107-13-1)	작측 관리 특검 특별 노출	유독	4류 제1석유류 (수용성) 400L	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정) 미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 일본 (JSOH 규정)
스티렌 (100-42-5)	작측 관리 특검 노출	-	4류 제2석유류 (비수용성) 1000L	-	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보(EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정)

					일본 (JSOH 규정)
메틸알코올 (67-56-1)	작측 관리 특검 노출	유독	4류 알코올류 400L	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정) 일본 (JSOH 규정)
망간 및 그 무기화합물 (7439-96-5)	작측 관리 특검 노출	-	2류 금속분 500kg	-	미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정) 일본 (JSOH 규정)
아닐린과 아닐린 동족체 (62-53-3)	작측 관리 특검 노출	유독	4류 제3석유류 (비수용성) 2000L	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정) 미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일

205 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

					(DFG 규정) 미국관리정보 (CERCLA 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 일본 (JSOH 규정)
시클로헥사논 (108-94-1)	작측 관리 특검 노출	유독	4류 제2석유류 (비수용성) 1000L	지정 폐기물	미국관리정보 (EPCRA 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 일본 (JSOH 규정)
코발트 및 그 무기화합물 (7440-48-4)	작측 관리 특검 노출	-	-	-	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) A 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정) 일본 (JSOH 규정)
디클로로메탄 (75-09-2)	작측 관리 특검 노출	-	-	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) A 313 규정) 영국 (COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정) 일본 (JSOH 규정)
트리클로로메탄 (클로로포름) (67-66-3)	작측 관리 특검 노출	유독	-	지정 폐기물	미국관리정보 (CERCLA 규정) 미국관리정보 (EPCRA 302 규정) 미국관리정보 (EPCRA 304 규정) 미국관리정보 (EPCRA 313 규정) A 313 규정) 영국

					(COMAH 규정) 독일 (AGS 규정) 독일 (DFG 규정) 일본 (JSOH 규정)
*산안법(산업안전보건법) 작측: 작업환경측정대상물질 허가: 허가대상물질 관리: 관리대상유해물질 특검: 특수건강진단대상물질 노출: 노출기준설정물질 허용: 허용기준설정물질 공정: 공정안전보고서(PSM) 제출 대상물질 특별: 특별관리물질 *화관법(화학물질관리법) 유독: 유독물질 사고: 사고대비물질 제한: 제한물질 *위험물(위험물안전관리법) *폐기물(폐기물관리법)					

4) 한국산업안전보건공단 및 환경부의 GHS 분류결과 조사

연구대상 화학물질을 대상으로 한국산업안전보건공단과 환경부의 GHS 분류결과 비교 조사하여 아래 <표 Ⅲ-58>에 나타냈다.

<표 Ⅲ-58> 한국산업안전보건공단 및 환경부의 GHS 분류결과

물질명	한국산업안전보건공단	환경부
삼수소화비소 (7784-42-1)	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 액화가스 급성 독성(흡입: 가스) : 구분1 수생환경 유해성(급성) : 구분1 수생환경 유해성(만성) : 구분1	-
암모니아 (7664-41-7)	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 액화가스 급성 독성(흡입: 가스) : 구분3 피부 부식성/자극성 : 구분1 심한 눈 손상성/자극성 : 구분1 호흡기 과민성 : 구분1 생식세포 변이원성 : 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) : 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) : 구분2 수생환경 유해성(급성) : 구분1 수생환경 유해성(만성) : 구분1	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 구분2 급성독성(흡입) : 구분3 피부 부식성/자극성 : 구분1 수생환경(급성) : 구분1
메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트 (101-68-8)	급성 독성(흡입: 분진/미스트) : 구분2 피부 부식성/자극성 : 구분2 심한 눈 손상성/자극성 : 구분2 호흡기 과민성 : 구분1 피부 과민성 : 구분1	급성독성(흡입) : 구분4 피부 부식성/자극성 : 구분2 심한 눈 손상성/자극성 : 구분2 호흡기 과민성 : 구분1 피부 과민성 : 구분1 표적장기(1회 노출) : 구분3

	발암성 : 구분2 표적장기(1회 노출) : 구분3(호흡기계 자극) 표적장기(반복 노출) : 구분1	표적장기(반복 노출) : 구분2
염소 (7782-50-5)	산화성 가스 : 구분1 고압가스 : 액화가스 급성 독성(흡입: 가스) : 구분2 피부 부식성/자극성 : 구분1 심한 눈 손상성/자극성 : 구분1 표적장기(1회 노출) : 구분1 표적장기(반복 노출) : 구분1 수생환경 유해성(급성) : 구분1 수생환경 유해성(만성) : 구분1	고압가스 : 구분2 급성 독성(흡입) : 구분2 피부 부식성/자극성 : 구분1 표적장기(1회 노출) : 구분3 표적장기(반복 노출) : 구분2 수생환경 유해성(급성) : 구분1 수생환경 유해성(만성) : 구분1
브롬화 메틸 (74-83-9)	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 액화가스 급성 독성(경구) : 구분3 급성 독성(흡입: 가스) : 구분3 피부 부식성/자극성 : 구분2 심한 눈 손상성/자극성 : 구분2 생식세포 변이원성 : 구분2 표적장기(1회 노출) : 구분1 표적장기(반복 노출) : 구분1 수생환경 유해성(급성) : 구분1 수생환경 유해성(만성) : 구분1	고압가스 : 구분2 급성 독성(경구) : 구분3 급성 독성(흡입) : 구분3 피부 부식성/자극성 : 구분2 심한 눈 손상성/자극성 : 구분2 생식세포 변이원성 : 구분2 표적장기(반복 노출) : 구분2 수생환경 유해성(급성) : 구분1 오존층 유해성 : 구분1
수산화나트륨 (1310-73-2)	피부 부식성/자극성 : 구분1 심한 눈 손상성/자극성 : 구분1 표적장기(1회 노출) : 구분1	금속부식성 물질 : 구분1 급성 독성(경피) : 구분4 피부 부식성/자극성 : 구분1
산화에틸렌 (75-21-8)	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 액화가스 급성 독성(경구) : 구분3 급성 독성(흡입: 가스) : 구분3 피부 부식성/자극성 : 구분2 심한 눈 손상성/자극성 : 구분2 생식세포 변이원성 : 구분1B	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 구분2 급성 독성(경구) : 구분3 급성 독성(흡입) : 구분3 피부 부식성/자극성 : 구분2 심한 눈 손상성/자극성 : 구분2 생식세포 변이원성 : 구분1

209 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

	발암성 : 구분1A 표적장기(1회 노출) : 구분1 표적장기(1회 노출) : 구분3(호흡기계 자극) 표적장기(반복 노출) : 구분1	발암성 : 구분1 표적장기(1회 노출) : 구분3
염화비닐 (75-01-4)	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 액화가스 피부 부식성/자극성 : 구분2 심한 눈 손상성/자극성 : 구분2 발암성 : 구분1A 표적장기(1회 노출) : 구분3(마취작용) 표적장기(반복 노출) : 구분1 수생환경 유해성(만성) : 구분3	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 구분2 발암성 : 구분1
황산 (7664-93-9)	금속부식성 물질 : 구분1 급성 독성(흡입: 분진/미스트) : 구분2 피부 부식성/자극성 : 구분1 심한 눈 손상성/자극성 : 구분1 발암성 : 구분1A 표적장기(1회 노출) : 구분1 표적장기(반복 노출) : 구분1 수생환경 유해성(만성) : 구분3	금속부식성 물질 : 구분1 급성 독성(흡입) : 구분2 피부 부식성/자극성 : 구분1 수생환경 유해성(만성) : 구분3
1,3-부타디엔 (106-99-0)	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 액화가스 생식세포 변이원성 : 구분1B 발암성 : 구분1A 표적장기(1회 노출) : 구분3(마취작용) 표적장기(1회 노출) : 구분3(호흡기계 자극) 표적장기(반복 노출) : 구분1	인화성 가스 : 구분1 고압가스 : 구분2 생식세포 변이원성 : 구분1 발암성 : 구분1
1,2-디클로로프로	인화성 액체 : 구분2	인화성 액체 : 구분2

관 (78-87-5)	급성 독성(경구) : 구분4 급성 독성(흡입: 증기) : 구분3 심한 눈 손상성/자극성 : 구분2 발암성 : 구분1A 수생환경 유해성(급성) : 구분2	급성 독성(흡입) : 구분3 수생환경 유해성(만성) : 구분3
톨루엔 (108-88-3)	인화성액체 구분2 급성독성(흡입: 증기) 구분4 피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 생식독성 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 흡입유해성 구분1	인화성액체 구분2 피부 부식성/피부 자극성 구분2 생식독성 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분2 흡입유해성 구분1
수은 (7439-97-6)	급성독성(흡입: 증기) 구분1 피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 피부과민성 구분1 생식독성 구분1B 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 만성 수생환경 유해성 구분4	급성독성(흡입) 구분2 생식독성 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 급성 수생환경 유해성 구분1 만성 수생환경 유해성 구분1
휘발성 콜타르피치 (65996-93-2)	피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 발암성 구분1A 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3(호흡기계자극) 수생환경(만성) 구분4	-
일산화탄소 (630-08-0)	인화성가스 구분1 고압가스 압축가스 급성독성(흡입:가스) 구분3 생식독성 구분1A 특정표적장기 독성(1회 노출)	인화성가스 구분1 고압가스 구분1 급성독성(흡입) 구분3 생식독성 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출)

211 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

	구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분2	구분2
베릴륨 및 그 화합물 (7440-41-7)	인화성고체 구분1 호흡기과민성 구분1 피부과민성 구분1 발암성 구분1A Skin 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 만성 수생환경 유해성 구분4	-
니켈카보닐 (13463-39-3)	인화성액체 구분2 급성독성(흡입: 증기) 구분1 피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분1 호흡기과민성 구분1 발암성 구분1A 생식독성 구분1B 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1	인화성액체 구분2 급성독성(흡입) 구분1 발암성 구분1 생식독성 구분1
아크릴로니트릴 (107-13-1)	인화성액체 구분2 급성독성(경구) 구분3 급성독성(경피) 구분2 급성독성(흡입: 증기) 구분2 피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 피부과민성 구분1 발암성 구분1B 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1	인화성액체 구분2 급성독성(경구) 구분3 급성독성(경피) 구분2 급성독성(흡입) 구분2 피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분1 피부과민성 구분1 발암성 구분1 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3 만성 수생환경 유해성 구분2
스티렌 (100-42-5)	인화성액체 구분3 급성독성(흡입: 증기) 구분4 피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2	-

	발암성 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 흡입유해성 구분1	
메틸알코올 (67-56-1)	인화성액체 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 생식독성 구분1B 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1	인화성액체 구분2 급성독성(경구) 구분3 급성독성(경피) 구분3 급성독성(흡입) 구분3 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1
망간 및 그 무기화합물 (7439-96-5)	생식독성 구분1B 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 만성 수생환경 유해성 구분4	-
아닐린과 아닐린 동족체 (62-53-3)	급성독성(경구) 구분4 급성독성(경피) 구분3 급성독성(흡입: 증기) 구분2 급성독성(흡입: 분진/미스트) 구분4 피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 피부과민성 구분1 생식세포변이원성 구분2 발암성 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 급성 수생환경 유해성 구분1	급성독성(경구) 구분3 급성독성(경피) 구분3 급성독성(흡입) 구분3 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 생식세포변이원성 구분2 발암성 구분2 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 급성 수생환경 유해성 구분1 만성 수생환경 유해성 구분1
시클로헥사논 (108-94-1)	인화성액체 구분3 급성독성(경구) 구분4 급성독성(경피) 구분3 급성독성(흡입: 증기) 구분3	-

213 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

	피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 생식세포 변이원성 구분2 발암성 구분2 생식독성 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1	
코발트 및 그 무기화합물 (7440-48-4)	호흡기과민성 구분1 피부과민성 구분1 발암성 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분3 (호흡기계 자극) 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 만성 수생환경 유해성 구분4	-
디클로로메탄 (75-9-2)	급성독성(경구) 구분4 피부 부식성/피부 자극성 구분2 심한 눈 손상/눈 자극성 구분2 발암성 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 만성 수생환경 유해성 구분2	-
트리클로로메탄 (클로로포름) (67-66-3)	급성독성(경구) 구분4 피부 부식성/피부 자극성 구분1 심한 눈 손상/눈 자극성 구분1 발암성 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1 만성 수생환경 유해성 구분2	급성독성(경구) 구분4 피부 부식성/피부 자극성 구분2 발암성 구분2 특정표적장기 독성(반복 노출) 구분1

4. 선정 화학물질의 유해성·위험성 평가 우선순위 선정

1) 작업환경실태조사 자료에 따른 우선순위 적용 결과

아래 <표 III-59>은 작업환경실태조사 자료에 따라 화학물질의 유해성·위험성 평가지침(KOSHA GUIDE, W-6-2016)에 근거하여 물질별 직업병 발생, 노출 가능성, 근로자 노출평가의 가중치 부여기준 적용에 따른 결과를 정리하여 나타냈다.

물질들의 선정 절차에 근거한 평가 결과, 삼수소화비소의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 15점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 2점, 0점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 4개소 , 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 3,668명, 전년도 대비 변동율 : 92.58%), 취급량 및 변동율 가중치 8점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 0.435592톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 함께 35점으로 산출되었다.

암모니아의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 30점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 878개소 , 전년도 대비 변동율 : 41.69%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 29,958명, 전년도 대비 변동율 : 83.94%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 1점(2014년도 기준 취급량 : 4,799,030톤, 전년도 대비 변동율 : 51.16%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.01%)으로 함께 86점으로 산출되었다.

메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 40점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 409개소 , 전년도 대비 변동율 : 43.03%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 2,658명, 전년도

대비 변동율 : 59.52%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 1,136,055톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 0.54%)으로 합계 95점으로 산출되었다.

염소의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 20점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 8점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 116개소, 전년도 대비 변동율 : 43.10%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 8,409명, 전년도 대비 변동율 : 83.21%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 9,292,661톤, 전년도 대비 변동율 : 92.01%), 노출평가 가중치 1점(초과율 : 0.08%)으로 합계 74점으로 산출되었다.

브롬화메틸의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 25점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 10개소, 전년도 대비 변동율 : 50.0%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 4점, 0점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 35명, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 취급량 및 변동율 가중치 16점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 265톤, 전년도 대비 변동율 : 73.96%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 61점으로 산출되었다.

수산화나트륨의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 10점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 4,830개소, 전년도 대비 변동율 : 35.94%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 43,898명, 전년도 대비 변동율 : 55.38%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 2점(2014년도 기준 취급량 : 27,482,946톤, 전년도 대비 변동율 : 63.98%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.01%)으로 합계 63점으로 산출되었다.

산화에틸렌의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 41점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 8점, 3점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 271개소, 전년도 대비 변동율 : 85.61%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점

(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 2,330명, 전년도 대비 변동율 : 63.78%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 24,228,602톤, 전년도 대비 변동율 : 99.48%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 0.70%)으로 합계 101점으로 산출되었다.

염화비닐의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 38점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 8점, 3점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 144개소, 전년도 대비 변동율 : 93.75%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 2,619명, 전년도 대비 변동율 : 96.72%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 1,025,484톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 89점으로 산출되었다.

황산의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 30점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 2,968개소, 전년도 대비 변동율 : 30.05%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 62,544명, 전년도 대비 변동율 : 73.83%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 21,986,345톤, 전년도 대비 변동율 : 74.31%), 노출평가 가중치 2점(초과율 : 0.08%)으로 합계 87점으로 산출되었다.

1,3-부타디엔의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 33점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 1점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 47개소, 전년도 대비 변동율 : 4.47%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 1,965명, 전년도 대비 변동율 : 76.95%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 1점(2014년도 기준 취급량 : 1,417,227톤, 전년도 대비 변동율 : 10.70%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 0.87%)으로 합계 86점으로 산출되었다.

1,2-디클로로프로판의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 17점, 직업병 가중

치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 343개소 , 전년도 대비 변동율 : 89.80%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 2,292명, 전년도 대비 변동율 : 94.15%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 44,853톤, 전년도 대비 변동율 : 99.69%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.31%)으로 합계 76점으로 산출되었다.

톨루엔의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 26점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 10,738개소 , 전년도 대비 변동율 : 34.34%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 93,278명, 전년도 대비 변동율 : 34.38%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 25,428,021톤, 전년도 대비 변동율 : 0%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.19%)으로 합계 83점으로 산출되었다.

수은의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 34점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 6점, 0점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 55개소 , 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 633명, 전년도 대비 변동율 : 59.40%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 13,241톤, 전년도 대비 변동율 : 99.83%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 85점으로 산출되었다.

휘발성 콜타르피치의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 22점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 18개소 , 전년도 대비 변동율 : 55.56%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 6점, 0점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 85명, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 117,137톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 64점으로 산출되었다.

일산화탄소의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 17점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 6점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 52개소 , 전년도 대비 변동율 : 32.69%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 9,589명, 전년도 대비 변동율 : 95.75%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 1,420,621,735톤, 전년도 대비 변동율 : 90.34%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.14%)으로 합계 71점으로 산출되었다.

베릴륨 및 그 화합물의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 27점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 14개소 , 전년도 대비 변동율 : 64.29%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 8점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 172명, 전년도 대비 변동율 : 91.28%), 취급량 및 변동율 가중치 16점, 2점(2014년도 기준 취급량 : 136톤, 전년도 대비 변동율 : 67.65%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 69점으로 산출되었다.

니켈카보닐의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 39점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 0점, 0점(정보 없음), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 0점, 0점(정보 없음), 취급량 및 변동율 가중치 0점, 0점(정보 없음), 노출평가 가중치 7점(초과율 : 9.09%)으로 합계 53점으로 산출되었다.

아크릴로니트릴의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 38점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 6점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 97개소 , 전년도 대비 변동율 : 52.58%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 2,125명, 전년도 대비 변동율 : 81.04%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 3,690,577톤, 전년도 대비 변동율 : 82.61%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.31%)으로 합계 92점으로 산출되었다.

스티렌의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 26점, 직업병 가중치 7점, 취급

장 수 및 변동율 가중치 10점, 0점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 755개소 , 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 6,790명, 전년도 대비 변동율 : 31.62%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 2점(2014년도 기준 취급량 : 12,374,401톤, 전년도 대비 변동율 : 42.94%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 1.23%)으로 합계 81점으로 산출되었다.

메틸알코올의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 13점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 5,217개소 , 전년도 대비 변동율 : 49.78%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 51,909명, 전년도 대비 변동율 : 57.93%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 35,838,930톤, 전년도 대비 변동율 : 82.82%), 노출평가 가중치 1점(초과율 : 0.06%)으로 합계 71점으로 산출되었다.

망간 및 그 무기화합물의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 15점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 7,329개소 , 전년도 대비 변동율 : 96.03%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 104,058명, 전년도 대비 변동율 : 96.67%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 572,533,993톤, 전년도 대비 변동율 : 99.60%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 0.68%)으로 합계 75점으로 산출되었다.

아닐린과 아닐린 동족체의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 40점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 43개소 , 전년도 대비 변동율 : 48.84%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 393명, 전년도 대비 변동율 : 81.68%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 219,628톤, 전년도 대비 변동율 : 99.83%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로

합계 89점으로 산출되었다.

시클로헥사논의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 40점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 866개소, 전년도 대비 변동율 : 41.80%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 98,193명, 전년도 대비 변동율 : 92.15%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 256,955톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.06%)으로 합계 94점으로 산출되었다.

코발트 및 그 무기화합물의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 24점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 301개소, 전년도 대비 변동율 : 79.40%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 4,485명, 전년도 대비 변동율 : 84.77%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 156,639톤, 전년도 대비 변동율 : 94.03%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 1.24%)으로 합계 84점으로 산출되었다.

디클로로메탄의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 22점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 1,414개소, 전년도 대비 변동율 : 70.65%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 8,519명, 전년도 대비 변동율 : 74.10%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 1,007,196톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.40%)으로 합계 81점으로 산출되었다.

트리카로로메탄의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 24점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 8점, 2점(2014년도 기준 취급사업장 수 : 201개소, 전년도 대비 변동율 : 65.67%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2014년도 기준 노출 근로자 수 : 1,798명, 전년도 대비 변동율 : 73.75%), 취

221 Ⅲ. 유해성·위험성 평가 결과

급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 130,793톤, 전년도 대비 변동율 : 75.26%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.28%)으로 합계 80점으로 산출되었다.

<표 III-59> 유해성 및 취급실태 등에 따른 우선순위 적용 결과 - 작업환경실태조사 자료 활용(2009, 2014년)

물질명	건강 유해성	직업병	작업환경 실태조사						근로자 노출평가	합계	물질 순위
			취급장 수	변동율	노출 근로자수	변동율	취급량	변동율			
삼수소화비소	5	7	2	0	10	3	8	0	0	35	26
암모니아	30	10	10	2	10	3	20	1	0	86	8
메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트	40	7	10	2	10	2	20	0	4	95	2
염소	20	7	8	2	10	3	20	3	1	74	18
브롬화메틸	25	7	4	2	4	0	16	3	0	61	24
수산화나트륨	10	7	10	2	10	2	20	2	0	63	23
산화에틸렌	41	10	8	3	10	2	20	3	4	101	1
염화비닐	38	7	8	3	10	3	20	0	0	89	5
황산	30	7	10	2	10	3	20	3	2	87	7
1,3-부타디엔	33	10	4	1	10	3	20	1	4	86	8
1,2-디클로로프로판	17	7	10	3	10	3	20	3	3	76	16
톨루엔	26	10	10	2	10	2	20	0	3	83	12
수은	34	10	6	0	10	2	20	3	0	85	10
휘발성 콜타르피치	22	10	4	2	6	0	20	0	0	64	22
일산화탄소	17	7	6	2	10	3	20	3	3	71	19
베릴륨 및 그 화합물	27	7	4	2	8	3	16	2	0	69	21
니켈카보닐	39	7	0	0	0	0	0	0	7	53	25
아크릴로니트릴	38	7	6	2	10	3	20	3	3	92	4
스티렌	26	7	10	0	10	2	20	2	4	81	13
메틸알코올	13	10	10	2	10	2	20	3	1	71	19
망간 및 그 무기화합물	15	7	10	3	10	3	20	3	4	75	17
아닐린과 아닐린 동족체	40	7	4	2	10	3	20	3	0	89	5
시클로헥사논	40	7	10	2	10	3	20	0	2	94	3
코발트 및 그 무기화합물	24	7	10	3	10	3	20	3	4	84	11
디클로로메탄	22	10	10	3	10	3	20	0	3	81	13
트리클로로메탄	24	7	8	2	10	3	20	3	3	80	15

2) 작업환경측정결과(K2B) 자료에 따른 우선순위 적용 결과

아래 <표 Ⅲ-60>은 작업환경측정결과(K2B) 자료에 따라 화학물질의 유해성·위험성 평가지침(KOSHA GUIDE, W-6-2016)에 근거하여 물질별 직업병 발생, 노출 가능성, 근로자 노출평가의 가중치 부여기준 적용에 따른 결과를 정리하여 나타냈다.

물질들의 선정 절차에 근거한 평가 결과, 삼수소화비소의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 15점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 10개소, 전년도 대비 변동율 : 20.0%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 602명, 전년도 대비 변동율 : 59.14%), 취급량 및 변동율 가중치 8점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 0.435592톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 37점으로 산출되었다.

암모니아의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 30점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 353개소, 전년도 대비 변동율 : 14.45%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 11,531명, 전년도 대비 변동율 : 37.73%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 1점(2014년도 기준 취급량 : 4,799,030톤, 전년도 대비 변동율 : 51.16%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.01%)으로 합계 84점으로 산출되었다.

메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 40점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 8점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 229개소, 전년도 대비 변동율 : 21.83%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 4,260명, 전년도 대비 변동율 : 39.93%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 1,136,055톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 4점(초과율

: 0.54%)으로 합계 92점으로 산출되었다.

염소의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 20점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 8점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 104개소, 전년도 대비 변동율 : 25.96%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 2,809명, 전년도 대비 변동율 : 48.56%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 9,292,661톤, 전년도 대비 변동율 : 92.01%), 노출평가 가중치 1점(초과율 : 0.08%)으로 합계 72점으로 산출되었다.

브롬화메틸의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 25점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 5개소, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 4점, 0점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 30명, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 취급량 및 변동율 가중치 16점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 265톤, 전년도 대비 변동율 : 73.96%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 59점으로 산출되었다.

수산화나트륨의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 10점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 525개소, 전년도 대비 변동율 : 10.29%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 0점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 40,936명, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 2점(2014년도 기준 취급량 : 27,482,946톤, 전년도 대비 변동율 : 63.98%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.01%)으로 합계 60점으로 산출되었다.

산화에틸렌의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 41점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 6점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 61개소, 전년도 대비 변동율 : 21.31%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 4,573명, 전년도 대비 변동율 : 41.94%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 24,228,602톤, 전년도

대비 변동율 : 99.48%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 0.70%)으로 함께 97점으로 산출되었다.

염화비닐의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 38점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 6점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 67개소 , 전년도 대비 변동율 : 14.93%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 1점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 972명, 전년도 대비 변동율 : 16.87%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 1,025,484톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 함께 83점으로 산출되었다.

황산의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 30점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 469개소 , 전년도 대비 변동율 : 7.04%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 31,730명, 전년도 대비 변동율 : 51.35%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 21,986,345톤, 전년도 대비 변동율 : 74.31%), 노출평가 가중치 2점(초과율 : 0.08%)으로 함께 85점으로 산출되었다.

1,3-부타디엔의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 33점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 6점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 93개소 , 전년도 대비 변동율 : 49.46%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 1,885명, 전년도 대비 변동율 : 50.98%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 1점(2014년도 기준 취급량 : 1,417,227톤, 전년도 대비 변동율 : 10.70%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 0.87%)으로 함께 87점으로 산출되었다.

1,2-디클로로프로판의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 17점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 15개소 , 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10

점, 3점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 9명, 전년도 대비 변동율 : 60.20%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 44,853톤, 전년도 대비 변동율 : 99.69%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.31%)으로 합계 62점으로 산출되었다.

톨루엔의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 26점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 704개소, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 131,071명, 전년도 대비 변동율 : 62.62%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 25,428,021톤, 전년도 대비 변동율 : 0%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.19%)으로 합계 81점으로 산출되었다.

수은의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 34점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 6점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 61개소, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 327명, 전년도 대비 변동율 : 44.95%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 13,241톤, 전년도 대비 변동율 : 99.83%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 85점으로 산출되었다.

휘발성 콜타르피치의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 22점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 27개소, 전년도 대비 변동율 : 88.89%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 3점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 522명, 전년도 대비 변동율 : 88.89%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 117,137톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 70점으로 산출되었다.

일산화탄소의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 17점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 135개소

, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 12,190명, 전년도 대비 변동율 : 62.64%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 1,420,621,735톤, 전년도 대비 변동율 : 90.34%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.14%)으로 합계 66점으로 산출되었다.

베릴륨 및 그 화합물의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 27점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 16개소, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 8점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 173명, 전년도 대비 변동율 : 66.47%), 취급량 및 변동율 가중치 16점, 2점(2014년도 기준 취급량 : 136톤, 전년도 대비 변동율 : 67.65%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로 합계 66점으로 산출되었다.

니켈카보닐의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 39점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 2점, 2점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 3개소, 전년도 대비 변동율 : 33.33%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 4점, 1점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 13명, 전년도 대비 변동율 : 61.54%), 취급량 및 변동율 가중치 0점, 0점(정보 없음), 노출평가 가중치 7점(초과율 : 9.09%)으로 합계 62점으로 산출되었다.

아크릴로니트릴의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 38점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 6점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 371개소, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 1275명, 전년도 대비 변동율 : 47.53%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 3,690,577톤, 전년도 대비 변동율 : 82.61%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.31%)으로 합계 89점으로 산출되었다.

스티렌의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 26점, 직업병 가중치 7점, 취

급장 수 및 변동율 가중치 10점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 371개소 , 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 14,827명, 전년도 대비 변동율 : 51.33%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 2점(2014년도 기준 취급량 : 12,374,401톤, 전년도 대비 변동율 : 42.94%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 1.23%)으로 합계 81점으로 산출되었다.

메틸알코올의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 13점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 580개소 , 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 43,334명, 전년도 대비 변동율 : 66.31%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 35,838,930톤, 전년도 대비 변동율 : 82.82%), 노출평가 가중치 1점(초과율 : 0.06%)으로 합계 69점으로 산출되었다.

망간 및 그 무기화합물의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 15점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 577개소 , 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 1점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 69,799명, 전년도 대비 변동율 : 19.25%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 572,533,993톤, 전년도 대비 변동율 : 99.60%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 0.68%)으로 합계 70점으로 산출되었다.

아닐린과 아닐린 동족체의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 40점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 4점, 1점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 29개소 , 전년도 대비 변동율 : 41.38%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 8점, 3점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 248명, 전년도 대비 변동율 : 74.19%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 219,628톤, 전년도 대비 변동율 : 99.83%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.00%)으로

합계 86점으로 산출되었다.

시클로헥사논의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 40점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 361개소, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 15,593명, 전년도 대비 변동율 : 60.94%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 256,955톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 0점(초과율 : 0.06%)으로 합계 91점으로 산출되었다.

코발트 및 그 무기화합물의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 24점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 8점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 174개소, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 4,924명, 전년도 대비 변동율 : 61.21%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 156,639톤, 전년도 대비 변동율 : 94.03%), 노출평가 가중치 4점(초과율 : 1.24%)으로 합계 78점으로 산출되었다.

디클로로메탄의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 22점, 직업병 가중치 10점, 취급장 수 및 변동율 가중치 10점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 441개소, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 15,877명, 전년도 대비 변동율 : 58.85%), 취급량 및 변동율 가중치 20점, 0점(2014년도 기준 취급량 : 1,007,196톤, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.40%)으로 합계 77점으로 산출되었다.

트리카로로메탄의 항목별 가중치는 건강유해성 가중치 24점, 직업병 가중치 7점, 취급장 수 및 변동율 가중치 8점, 0점(2016년도 기준 취급사업장 수 : 184개소, 전년도 대비 변동율 : 0.00%), 노출 근로자수 및 변동율 가중치 10점, 2점(2016년도 기준 노출 근로자 수 : 2,523명, 전년도 대비 변동율 : 66.27%), 취

급량 및 변동율 가중치 20점, 3점(2014년도 기준 취급량 : 130,793톤, 전년도 대비 변동율 : 75.26%), 노출평가 가중치 3점(초과율 : 0.28%)으로 합계 77점으로 산출되었다.

<표 III-60> 유해성 및 취급실태 등에 따른 우선순위 적용 결과 - 작업환경측정결과(K2B) 자료 활용(2012, 2016년)

물질명	건강 유해성	직업병	작업환경측정결과(K2B자료)						근로자 노출평가	합계	물질 순위
			취급장 수	변동율	노출 근로자수	변동율	취급량	변동율			
삼수소화비소	5	7	4	1	10	2	8	0	0	37	26
암모니아	30	10	10	1	10	2	20	1	0	84	9
메틸렌 디(비스)페닐 다이소시아네이트	40	7	8	1	10	2	20	0	4	92	2
염소	20	7	8	1	10	2	20	3	1	72	16
브롬화메틸	25	7	4	0	4	0	16	3	0	59	25
수산화나트륨	10	7	10	1	10	0	20	2	0	60	24
산화에틸렌	41	10	6	1	10	2	20	3	4	97	1
염화비닐	38	7	6	1	10	1	20	0	0	83	10
황산	30	7	10	1	10	2	20	3	2	85	7
1,3-부타디엔	33	10	6	1	10	2	20	1	4	87	5
1,2-디클로로프로판	17	7	4	0	6	2	20	3	3	62	22
톨루엔	26	10	10	0	10	2	20	0	3	81	11
수은	34	10	6	0	10	2	20	3	0	85	7
휘발성 쿨타르피치	22	10	4	1	10	3	20	0	0	70	17
일산화탄소	17	7	4	0	10	2	20	3	3	66	20
베림륨 및 그 화합물	27	7	4	0	8	2	16	2	0	66	21
니켈카보닐	39	7	2	2	4	1	0	0	7	62	22
아크릴로니트릴	38	7	6	0	10	2	20	3	3	89	4
스티렌	26	7	10	0	10	2	20	2	4	81	11
메틸알코올	13	10	10	0	10	2	20	3	1	69	19
망간 및 그 무기화합물	15	7	10	0	10	1	20	3	4	70	17
아닐린과 아닐린 동족체	40	7	4	1	8	3	20	3	0	86	6
시클로헥사논	40	7	10	0	10	2	20	0	2	91	3
코발트 및 그 무기화합물	24	7	8	0	10	2	20	3	4	78	13
디클로로메탄	22	10	10	0	10	2	20	0	3	77	14
트리클로로메탄	24	7	8	0	10	2	20	3	3	77	14

3) 각 자료에 따른 우선순위 적용 결과 비교

선정 연구대상 물질 26종의 유해성·위험성 평가에 대한 우선순위 적용 결과, 총 합계 가중치 점수가 높은 물질 순으로 각 자료에 따라 <표 III-61>에 순위를 나타내었다.

작업환경실태조사 자료에 따른 우선순위 적용 결과, 상위 5번째 대상물질은 1. 산화에틸렌, 2. 메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트, 3. 시클로헥사논, 4. 아크릴로니트릴, 5. 염화비닐, 아닐린과 아닐린 동족체 순으로 분석 되었고, 하위 5번째 대상물질은 1. 휘발성 콜타르피치, 2. 수산화나트륨, 3. 브롬화메틸, 4. 니켈카보닐, 5.삼수산화비소 순으로 분석되었다.

작업환경측정(K2B) 자료에 따른 우선순위 적용 결과, 상위 5번째 대상물질은 1. 산화에틸렌, 2. 메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트, 3. 시클로헥사논, 4. 아크릴로니트릴, 5. 염화비닐, 1,3-부타디엔 순으로 분석 되었고, 하위 5번째 대상물질은 1. 베릴륨 및 그 화합물, 1,2-디클로로프로판, 2. 니켈카보닐, 3. 수산화나트륨, 4. 브롬화메틸, 5. 삼수산화비소 순으로 분석되었다.

두 자료에 따른 우선순위에 대한 비교 결과, 선정 대상물질에 10종(산화에틸렌, 메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트, 시클로헥사논, 아크릴로니트릴, 아닐린과 아닐린 동족체, 황산, 디클로로메탄, 트리클로로메탄, 베릴륨과 그 화합물, 삼수산화비소)의 경우 같은 수준의 순위를 보였으며, 나머지 16종(염화비닐, 암모니아, 1,3-부타디엔, 수은, 코발트 및 그 무기화합물, 톨루엔, 스티렌, 1,2-디클로로프로판, 망간 및 그 무기화합물, 염소, 일산화탄소, 메틸알코올, 휘발성 콜타르피치, 수산화나트륨, 브롬화메틸, 니켈카보닐)의 물질에 대해서는 각각 다른 순위를 나타냈다.

<표 III-61> 유해성 및 취급실태 등에 따른 우선순위 적용 결과(최종)

순위	작업환경실태조사	총점	순위	K2B 자료	총점
1	산화에틸렌	101	1	산화에틸렌	97
2	메틸렌디 (비스)페닐 디이소시아네이트	95	2	메틸렌디 (비스)페닐 디이소시아네이트	92
3	시클로헥사논	94	3	시클로헥사논	91
4	아크릴로니트릴	92	4	아크릴로니트릴	89
5	염화비닐	89	5	1,3-부타디엔	87
5	아닐린과 아닐린 동족체	89	6	아닐린과 아닐린 동족체	86
7	황산	87	7	황산	85
8	암모니아	86	7	수은	85
8	1,3-부타디엔	86	9	암모니아	84
10	수은	85	10	염화비닐	83
11	코발트 및 그 무기화합물	84	11	톨루엔	81
12	톨루엔	83	11	스티렌	81
13	스티렌	81	13	코발트 및 그 무기화합물	78
13	디클로로메탄	81	14	디클로로메탄	77
15	트리클로로메탄	80	14	트리클로로메탄	77
16	1,2-디클로로프로판	76	16	염소	72
17	망간 및 그 무기화합물	75	17	휘발성 콜타르피치	70
18	염소	74	17	망간 및 그 무기화합물	70
19	일산화탄소	71	19	메틸알코올	69
19	메틸알코올	71	20	일산화탄소	66
21	베릴륨 및 그 화합물	69	21	베릴륨 및 그 화합물	66
22	휘발성 콜타르피치	64	22	1,2-디클로로프로판	62
23	수산화나트륨	63	22	니켈카보닐	62
24	브롬화메틸	61	24	수산화나트륨	60
25	니켈카보닐	53	25	브롬화메틸	59
26	삼수산화비소	35	26	삼수산화비소	37

IV. 사회성·경제성 평가 결과

1. 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 사회성·경제성 평가의 틀

1) 사회성·경제성 평가의 의의

‘사회성·경제성 평가’란 유해성·위험성이 상당하여 관리가 필요하다고 판단되는 화학물질에 대하여 규제에 따른 사회적·경제적 비용 및 편익에 대한 타당성·적합성을 조사·분석하는 일련의 과정을 의미한다(화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정 제2조(고용노동부예규 제10호)). 즉, 사회성·경제성 평가는 대상 화학물질의 관리수준 변경에 따른 사업장에 미치는 추가적인 부담과 비용, 직업병 감소 등에 따른 사회·경제적 편익, 비용과 편익의 비교를 통한 규제의 타당성 및 적합성 등을 고려하여 평가하는 중요한 단계라고 할 수 있다.

사회성·경제성 평가는 비용편익분석을 토대로 하고 있으며, 이는 어느 정도의 규제가 필요하고 어떻게 희소한 자원을 사회적으로 가장 가치 있는 곳에 배분할 것인가에 대한 의사결정을 하는데 있어서 긴요한 정보를 제공해 줄 수 있다. 따라서 대상 화학물질의 관리 수준의 변경 시 정책담당자들이 합리적인 의사결정을 도모하고 국민적 합의의 도출을 용이하게 하기 위해서는 사회성·경제성 평가가 포괄적이고 구체적으로 이루어져야 할 것이다. 그래서 비용편익분석에 중점을 두어 화폐가치화 할 수 있는 항목은 가능한 한 비용편익분석에 포함하여야 하고, 화폐화 할 수 없는 부분에 대해서는 정성적인 평가를 포함해야 한다.

본 연구는 대상 화학물질 26종을 허용기준 설정대상 유해인자로 선정할 경우 예상되는 경제적 편익 및 사업장에서의 발생비용 등을 고려한 사회성·경제성

평가를 실시한다. 또한, 대상 화학물질 26종의 사회성·경제성 평가를 통해 산업 안전보건법 상에서 관리수준의 적정성을 검토하고자 한다. 다만, 사업주의 입장에서 대상물질의 관리수준 변경과 관련하여 발생할 수 있는 부담(비용)들은 현재 적용받고 있는 규제수준과 사업장의 환경에 따라 다르게 산정될 수 있기 때문에 대상물질 취급 작업장의 노출수준을 구분하여 평가 및 측정하고자 한다. 따라서 화학물질의 관리수준 변경에 따른 정확한 사업주의 부담수준을 파악하기 위해서 현재 26종의 화학물질이 허용기준 설정기준(안)에 대해 시나리오를 통한 비용편익분석을 통한 연구로 선행하고자 한다. 대상물질 26종에 대해 선행연구²⁾에서 제안된 사회성·경제성평가방법을 준용하여 허용기준설정 대상 유해물질로 선정 시 예상되는 경제적 편익 및 사업장에서의 발생비용 등을 고려한 사회성·경제성 평가를 실시한다.

2) 사회성 경제성 평가의 기본 가정

(1) 분석기간

분석 기간은 30년, 영구적 기간으로 나누어 분석하였다. KDI의 「예비타당성조사 수행을 위한 일반지침(제5판)」에서는 각 사업에 따라 경제적 타당성평가를 위한 분석기간을 제시하고 있다. 도로, 철도, 항만부분 및 문화·관광·체육·과학 단지 조성사업 등 대부분의 사업은 분석기간이 30년이며, 다목적댐 등 수자원 부분의 경우만 50년으로 설정하고 있다. 한국과학기술기획평가원의 「연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침」에서는 이를 준용하여 연구개발부문 사업의 총비용을 산출하는 기간을 최대 30년으로 설정하고 있다. 따라서 본 연구에서는 화학물질로 인한 직업병발생 시기가 장기적임을 고려하고, 예비

2) * 허용기준 기 설정 대상 유해인자의 허용기준 개정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구(김기연, 2014)

* 특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가 연구 및 허용 기준 설정물질 확대 필요성 및 선정기준에 관한 연구(김태운, 2014)

타당성조사의 경제성분석의 분석기간을 준용하여 분석기간을 30년으로 하였다. 그러나 유해화학물질의 경우 그 영향이 한 세대에 끝나지 않고 후세대에도 영향을 미친다. 때문에 화학물질 저감의 편익이 미치는 기간이 매우 길다고 판단하여 영구기간을 추가하여 분석하였다. 결국, 30년 기간의 분석을 분석기준으로 삼되 영구기간의 비용편익 분석 또한 제시하였다.

(2) 할인율

유해물질 허용기준설정 규제의 경우 비용과 편익이 장기간에 걸쳐서 나타나므로 비용과 편익을 그대로 분석할 수 없으며, 현재의 가치로 환산하여야 할 필요가 있다. 설비나 장치의 설치, 효율증가 투자 등 투자되는 비용이 초기에 많이 발생하는 반면 편익은 미래에 장기간에 걸쳐 발생하기 때문이다. 따라서 서로 다른 시점에서 발생한 비용과 편익을 단순히 비교하거나 합산하게 되면 시점의 차이가 반영되지 않아 현재 가치와 미래 가치의 차이를 반영하지 못하게 된다. 따라서 할인율(discount rate)에 대해 고려해야 할 필요성이 있다. 할인율(discount rate)이란 미래의 비용이나 편익을 할인하여 현재가치로 만들어 주기 위해 사용되는 비율이다. 할인율의 정도에 따라 규제의 비용과 편익이 다르게 추정될 가능성이 있으므로, 규제의 특성을 반영하며 동시에 객관적으로 수용 가능한 기준에 의하여 할인율을 결정하여야 한다.

$$\text{※ } n\text{년도에 발생하는 규제비용의 현재가치}(C_0) = \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

$C_0 = C_n$ 의 현재가치, n 년도에 발생하는 규제비용의 현재가치

$C_n = n$ 년 후 시점의 규제비용(매년 일정)

$r =$ 할인율

C_n 만큼의 비용이 n 년 동안 매년 발생할 경우 n 년 동안 발생하는 총비용을 현재가치로 환산하면 다음과 같다.

$$n\text{년도까지 발생하는 비용의 총합}(PC_0) = \sum_{n=1}^n \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

$$\ast \quad n\text{년도에 발생하는 편익의 현재가치}(B_0) = \frac{B_n}{(1+r)^n}$$

B_0 = B_n 의 현재가치, n 년도에 발생하는 화학물질 관련 산재보상 금액의 현재가치

B_n = n 년 후 시점의 화학물질 관련 산재보상금액(매년 일정함을 가정)

r = 할인율

$$n\text{년도까지 발생하는 편익의 총합}(PB_0) = \sum_{n=1}^n \frac{B_n}{(1+r)^n}$$

선행연구에서 김태윤(2014)는 할인율로 KDI에서 제시하는 사회적 할인율 5.5%와 KERI에서 추정한 2.82%와 NABO에서 추정한 3.14%의 중간에 위치한 값인 3%를 사용한 바 있다. 해당연구에서 제시한 할인율 추정의 근거는 다음과 같다

가) 할인율 5.5%의 근거

KDI는 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제5판)』에서 사회적 시간선호율(Social Time Preference Rate:STPR)을 추정하여 비용편익분석의 사회적 할인율로 사용하고 있다. KDI가 동 보고서에서 제시한 사회적 할인율은 5.5%이다.

나) 할인율 3.3%의 근거

KDI(2008), 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구 (제5판)』에 의하면 1인당 소비증가율은 1인당 GDP 성장률로 볼 수 있으므로, 1인

당 GDP 성장률의 장기 전망치를 통해 1인당 소비증가율을 가름해 볼 수 있다.

김태운(2014)에서 KERI(2007), 『장기거시경제모형과 전망결과』 p.68를 이용하여 2011~2030년의 평균 GDP 증가율을 직접 산출한 결과 2.83%이 도출되었다. 같은 방식으로 NABO(2012), 『2012~2060년 장기 재정전망 및 분석』 p.25에서 2011~2030년의 평균 GDP 증가율 3.15%가 도출되었다. 결과적으로 1인당 소비증가율은 KERI에서 추정한 2.82%와 NABO에서 추정한 3.14%의 중간에 위치한 값인 3%로 추정할 수 있고 이를 할인율로 사용하였다. 그래서 본 연구에서도 이를 준용하여 할인율 5.5%와 3% 두 경우로 나누어서 제시하였다.

2. 규제 대상 화학물질의 분류

허용기준 설정대상 유해인자로 지정할지를 검토 할 총 26종의 규제대상 화학물질은 모두 노출기준 설정 대상 유해인자에 속한다. 또한 규제대상 화학물질의 대부분(25종)은 기존 허가대상물질, 특별관리물질, 관리대상 유해물질로 관리되고 있었다. 따라서 사업장에서는 이미 노출기준 준수뿐만 아니라 배기장치 설치, 보호장비 착용, 근로자 교육, 건강검진 등이 이루어지고 있다.

다만, 허용기준 설정대상 유해인자를 취급하는 사업장은 작업장 내의 대상 화학물질 노출 농도가 고용노동부 고시 기준을 초과하지 않도록 해당 화학물질을 관리할 의무가 있으며, 허용기준 초과 시 과태료가 부과된다.

기본적으로 유해·위험성이 있는 화학물질을 취급하는 사업주는 아래와 같은 관령법령에 의거한 조치를 취할 의무가 있다.

○ 산업안전보건법 제23조 (안전조치)

① 사업주는 사업을 할 때 다음 각 호의 위험을 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.

1. 기계·기구, 그 밖의 설비에 의한 위험
2. 폭발성, 발화성 및 인화성 물질 등에 의한 위험

3. 전기, 열, 그 밖의 에너지에 의한 위험

- ② 사업주는 굴착, 채석, 하역, 벌목, 운송, 조작, 운반, 해체, 중량물 취급, 그 밖의 작업을 할 때 불량한 작업방법 등으로 인하여 발생하는 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
- ③ 사업주는 작업 중 근로자가 추락할 위험이 있는 장소, 토사·구축물 등이 붕괴할 우려가 있는 장소, 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 있는 장소, 그 밖에 작업 시 천재지변으로 인한 위험이 발생할 우려가 있는 장소에는 그 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
- ④ 제1항부터 제3항까지의 규정에 따라 사업주가 하여야 할 안전상의 조치 사항은 고용노동부령으로 정한다. <개정 2010.6.4.>
[전문개정 2009.2.6.]

○ 산업안전보건법 제24조 (보건조치)

- ① 사업주는 사업을 할 때 다음 각 호의 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
 - 1. 원재료·가스·증기·분진·흙(fume)·미스트(mist)·산소결핍·병원체 등에 의한 건강장해
 - 2. 방사선·유해광선·고온·저온·초음파·소음·진동·이상기압 등에 의한 건강장해
 - 3. 사업장에서 배출되는 기체·액체 또는 찌꺼기 등에 의한 건강장해
 - 4. 계측감시(計測監視), 컴퓨터 단말기 조작, 정밀공작 등의 작업에 의한 건강장해
 - 5. 단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의한 건강장해
 - 6. 환기·채광·조명·보온·방습·청결 등의 적정기준을 유지하지 아니하여 발생하는 건강장해
- ② 제1항에 따라 사업주가 하여야 할 보건상의 조치 사항은 고용노동부령으로 정한다. <개정 2010.6.4.>
[전문개정 2009.2.6.]

○ 산업안전보건법 제31조 (안전·보건 교육)

- ① 사업주는 해당 사업장의 근로자에 대하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 정기적으로 안전·보건에 관한 교육을 하여야 한다. <개정 2010.6.4.>
- ② 사업주는 근로자를 채용(건설 일용근로자를 채용하는 경우는 제외한다)할 때와 작업내용을 변경할 때에는 그 근로자에 대하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 해당 업무와 관계되는 안전·보건에 관한 교육을 하여야 한다. <개정 2010.6.4., 2011.7.25.>
- ③ 사업주는 유해하거나 위험한 작업에 근로자를 사용할 때에는 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 그 업무와 관계되는 안전·보건에 관한 특별교육을 하여야 한다. <개정 2010.6.4.>
- ④ 제1항부터 제3항까지의 규정에도 불구하고 해당 업무에 경험이 있는 근로자에 대하여 교육을 실시하는 등 고용노동부령으로 정하는 경우에는 안전·보건에 관한 교육의 전부 또는 일부를 면제할 수 있다. <신설 2013.6.12.>
- ⑤ 사업주는 제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 안전·보건에 관한 교육을 그에 필요한 인력·시설·장비 등의 요건을 갖추어 고용노동부장관에게 등록한 안전보건교육위탁기관(이하 "안전보건교육위탁기관"이라 한다)에 위탁할 수 있다. <개정 2013.6.12., 2016.1.27.>
- ⑥ 제5항에 따른 안전보건교육위탁기관의 등록 요건 및 절차 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <신설 2016.1.27.>

○ 고용노동부고시 제2016-19호 ‘화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준’ 제3조 (적용 제외 물질)

- 「산업안전보건법 시행령」(이하 "영"이라 한다) 제32조의2제12호의 "그 밖에 고용노동부장관이 독성·폭발성 등으로 인한 위해의 정도가 적다고 인정하여 고시하는 제제"라 함은 다음 각 호의 물질을 말한다.
1. 「산업안전보건법 시행규칙」(이하 "규칙"이라 한다) 별표 11의2 제1호가목에 해당하는 물질이 1퍼센트(%) 미만 함유된 제제
 2. 고형화된 완제품으로서 취급근로자가 작업 시 그 제품과 그 제품에 포함된 대상화학물질에 노출될 우려가 없는 제제(다만, 특별관리물질이 함유된 제품은 제외한다)

1) 규제 전 화학물질들의 관리수준

(1) 노출기준 설정 대상 유해인자

“노출기준 설정 대상 유해인자”란 근로자의 건강장해를 유발하는 화학물질 및 물리적 인자 등이다. 고용노동부 장관은 유해인자를 고용노동부령으로 정하는 분류기준에 따라 분류하고 관리하여야 한다.

이때, 고용노동부령으로 정하는 분류기준이란 산업안전보건법 별표11의2와 같다. 또한 고용노동부장관은 분류기준에 해당하는 유해인자를 유해성·위험성 평가 등의 결과에 따라 ①제조 등 금지물질, ②제조 등 허가물질, ③노출기준설정 대상 유해인자, ④허용기준설정 대상 유해인자, ⑤작업환경측정 대상 유해인자, ⑥특수건강진단 대상 유해인자 등으로 정하여 관리하여야 한다. 유해인자의 노출기준은 고용노동부장관이 정하여 관보 등에 고시된다.

노출기준 설정 대상 유해인자와 관련한 법령은 아래와 같다.

○ 산업안전보건법 제39조(유해인자의 관리 등)

- ① 고용노동부장관은 근로자의 건강장해를 유발하는 화학물질 및 물리적 인자 등(이하 "유해인자"라 한다)을 고용노동부령으로 정하는 분류기준에 따라 분류하고 관리하여야 한다. <개정 2010.6.4.>
 - ② 고용노동부장관은 유해인자의 노출기준을 정하여 관보 등에 고시한다. <개정 2010.6.4.>
 - ③ 고용노동부장관은 유해인자가 근로자의 건강에 미치는 유해성·위험성을 평가하고 그 결과를 관보 등에 공표할 수 있다. <개정 2010.6.4.>
 - ④ 고용노동부장관은 유해인자가 근로자의 건강에 미치는 유해성·위험성을 평가하고 그 결과를 관보 등에 공표할 수 있다. <개정 2010.6.4.>
- [전문개정 2009.2.6.]

○ 산업안전보건법 시행규칙 제81조 (유해인자의 분류·관리)

- ① 법 제39조제1항에서 "고용노동부령으로 정하는 분류기준"이란 별표 11의2와 같다.

<개정 2010.7.12>

- ② 고용노동부장관은 제1항에 따른 분류기준에 해당하는 유해인자를 제3항에 따른 조사 및 법 제39조제3항에 따른 유해성·위험성 평가 등의 결과에 따라 다음 각 호의 물질 또는 인자로 정하여 관리하여야 한다. <개정 2010.7.12, 2011.3.3, 2011.7.6., 2013.8.6>
1. 법 제37조에 따른 제조 등 금지물질
 2. 법 제38조에 따른 제조 등 허가물질
 3. 법 제39조제2항에 따른 노출기준(이하 "노출기준"이라 한다) 설정 대상 유해인자
 4. 법 제39조의2제1항에 따른 허용기준(이하 "허용기준"이라 한다) 설정 대상 유해인자
 5. 제93조제1항에 따른 작업환경측정 대상 유해인자
 6. 별표 12의2 제1호부터 제3호까지의 규정에 따른 특수건강진단 대상 유해인자
 7. 안전보건규칙 제420조제1호에 따른 관리대상 유해물질
- ③ 고용노동부장관은 제2항에 따른 유해인자의 관리에 필요한 자료를 확보하기 위하여 유해인자의 취급량·노출량, 취급 근로자 수, 취급 공정 등을 주기적으로 조사(이하 "유해인자 노출실태조사"라 한다)할 수 있다. <개정 2010.7.12>

[전문개정 2009.8.7.]

○ 산업안전보건법 시행규칙 별표11의2 (유해인자의 분류기준)

[별표 11의2] 유해인자의 분류기준(제81조제1항 관련) <개정 2016.2.17.>

1. 화학물질의 분류기준

가. 물리적 위험성 분류기준

- 1) 폭발성 물질: 자체의 화학반응에 따라 주위환경에 손상을 줄 수 있는 정도의 온도·압력 및 속도를 가진 가스를 발생시키는 고체·액체 또는 혼합물
- 2) 인화성 가스: 20°C, 표준압력(101.3kPa)에서 공기와 혼합하여 인화되는 범위에 있는 가스(혼합물을 포함한다)
- 3) 인화성 액체: 표준압력(101.3kPa)에서 인화점이 60°C 이하인 액체
- 4) 인화성 고체: 쉽게 연소되거나 마찰에 의하여 화재를 일으키거나 촉진할 수 있는 물질
- 5) 인화성 에어로졸: 인화성 가스, 인화성 액체 및 인화성 고체 등 인화성 성분을 포함하는 에어로졸(자연발화성 물질, 자기발열성 물질 또는 물반응성 물질은 제외한다)
- 6) 물반응성 물질: 물과 상호작용을 하여 자연발화되거나 인화성 가스를 발생시키는 고체·액체 또는 혼합물
- 7) 산화성 가스: 일반적으로 산소를 공급함으로써 공기보다 다른 물질의 연소를 더 잘 일으키거나 촉진하는 가스
- 8) 산화성 액체: 그 자체로는 연소하지 않더라도, 일반적으로 산소를 발생시켜 다른 물질을 연소시키거나 연소를 촉진하는 액체

- 9) 산화성 고체: 그 자체로는 연소하지 않더라도 일반적으로 산소를 발생시켜 다른 물질을 연소시키거나 연소를 촉진하는 고체
 - 10) 고압가스: 20°C, 200킬로파스칼(kpa) 이상의 압력 하에서 용기에 충전되어 있는 가스 또는 냉동액화가스 형태로 용기에 충전되어 있는 가스(압축가스, 액화가스, 냉동액화가스, 용해가스로 구분한다)
 - 11) 자기반응성 물질: 열적(熱的)인 면에서 불안정하여 산소가 공급되지 않아도 강렬하게 발열·분해하기 쉬운 액체·고체 또는 혼합물
 - 12) 자연발화성 액체: 적은 양으로도 공기와 접촉하여 5분 안에 발화할 수 있는 액체
 - 13) 자연발화성 고체: 적은 양으로도 공기와 접촉하여 5분 안에 발화할 수 있는 고체
 - 14) 자기발열성 물질: 주위의 에너지 공급 없이 공기와 반응하여 스스로 발열하는 물질(자기발화성 물질은 제외한다)
 - 15) 유기과산화물: 2가의 -O-O- 구조를 가지고 1개 또는 2개의 수소 원자가 유기라디칼에 의하여 치환된 과산화수소의 유도체를 포함한 액체 또는 고체 유기 물질
 - 16) 금속 부식성 물질: 화학적인 작용으로 금속에 손상 또는 부식을 일으키는 물질
- 나. 건강 및 환경 유해성 분류기준
- 1) 급성 독성 물질: 입 또는 피부를 통하여 1회 투여 또는 24시간 이내에 여러 차례로 나누어 투여하거나 호흡기를 통하여 4시간 동안 흡입하는 경우 유해한 영향을 일으키는 물질
 - 2) 피부 부식성 또는 자극성 물질: 접촉 시 피부조직을 파괴하거나 자극을 일으키는 물질(피부 부식성 물질 및 피부 자극성 물질로 구분한다)
 - 3) 심한 눈 손상성 또는 자극성 물질: 접촉 시 눈 조직의 손상 또는 시력의 저하 등을 일으키는 물질(눈 손상성 물질 및 눈 자극성 물질로 구분한다)
 - 4) 호흡기 과민성 물질: 호흡기를 통하여 흡입되는 경우 기도에 과민반응을 일으키는 물질
 - 5) 피부 과민성 물질: 피부에 접촉되는 경우 피부 알레르기 반응을 일으키는 물질
 - 6) 발암성 물질: 암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질
 - 7) 생식세포 변이원성 물질: 자손에게 유전될 수 있는 사람의 생식세포에 돌연변이를 일으킬 수 있는 물질
 - 8) 생식독성 물질: 생식기능, 생식능력 또는 태아의 발생·발육에 유해한 영향을 주는 물질
 - 9) 특정 표적장기 독성 물질(1회 노출): 1회 노출로 특정 표적장기 또는 전신에 독성을 일으키는 물질
 - 10) 특정 표적장기 독성 물질(반복 노출): 반복적인 노출로 특정 표적장기 또는 전신에 독성을 일으키는 물질
 - 11) 흡인 유해성 물질: 액체 또는 고체 화학물질이 입이나 코를 통하여 직접적으로 또는 구토로 인하여 간접적으로, 기관 및 더 깊은 호흡기관으로 유입되어 화학

- 적 폐렴, 다양한 폐 손상이나 사망과 같은 심각한 급성 영향을 일으키는 물질
- 12) 수생 환경 유해성 물질: 단기간 또는 장기간의 노출로 수생생물에 유해한 영향을 일으키는 물질
- 13) 오존층 유해성 물질: 「오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 특정물질

2. 물리적 인자의 분류기준

- 가. 소음: 소음성난청을 유발할 수 있는 85데시벨(A) 이상의 시끄러운 소리
- 나. 진동: 착암기, 핸드 해머 등의 공구를 사용함으로써 발생하는 백립병·레이노 현상·말초순환장애 등의 국소 진동 및 차량 등을 이용함으로써 발생하는 관절통·디스크·소화장애 등의 전신 진동
- 다. 방사선: 직접·간접으로 공기 또는 세포를 전리하는 능력을 가진 알파선·베타선·감마선·엑스선·중성자선 등의 전자선
- 라. 이상기압: 게이지 압력이 제곱센티미터당 1킬로그램 초과 또는 미만인 기압
- 마. 이상기온: 고열·한랭·다습으로 인하여 열사병·동상·피부질환 등을 일으킬 수 있는 기온

3. 생물학적 인자의 분류기준

- 가. 혈액매개 감염인자: 인간면역결핍바이러스, B형·C형간염바이러스, 매독바이러스 등 혈액을 매개로 다른 사람에게 전염되어 질병을 유발하는 인자
- 나. 공기매개 감염인자: 결핵·수두·홍역 등 공기 또는 비말감염 등을 매개로 호흡기를 통하여 전염되는 인자
- 다. 곤충 및 동물매개 감염인자: 쯔쯔가무시증, 렙토스피라증, 유행성출혈열 등 동물의 배설물 등에 의하여 전염되는 인자 및 탄저병, 브루셀라병 등 가축 또는 야생동물로부터 사람에게 감염되는 인자

※ 비고

제1호에 따른 화학물질의 분류기준 중 가목에 따른 물리적 위험성 분류기준별 세부 구분기준과 나목에 따른 건강 및 환경 유해성 분류기준의 단일물질 분류기준별 세부 구분기준 및 혼합물질의 분류기준은 고용노동부장관이 정하여 고시한다.

(2) 관리대상 유해물질

“관리대상 유해물질”이란 원재료·가스·증기·분진 등으로서 유기화합물, 금속류, 산·알칼리류, 가스상태 물질류 등의 물질을 말한다. 관리대상 유해물질을 취급하는 사업장은 작업환경측정, 건강진단, 유해·위험방지 계획서의 제출, 안전·보건진단, 관계설비설치 등과 같은 의무가 부과된다.

사업주는 고용노동부령으로 정하는 작업장에 대하여 고용노동부령으로 정하는 자격을 가진 자로 하여금 작업환경측정을 하도록 한 후 그 결과를 기록·보존하고 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 보고해야 한다. 이때, 고용노동부장관이 지정하는 기관인 ‘지정측정기관’에 측정을 위탁할 수 있으며, 고용노동부장관이 지정하는 기관 또는 「국민건강보험법」에 따른 건강검진을 하는 기관에서 근로자에 대한 건강진단을 하여야 한다.

대통령령으로 정하는 업종 및 규모에 해당하는 사업의 사업주는 해당 제품생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물·기계·기구 및 설비 등 일체를 설치·이전하거나 그 주요 구조부분을 변경할 때에는 산안법 또는 이 법에 따른 명령에서 정하는 유해·위험 방지 사항에 관한 계획서를 작성하여 고용노동부장관에게 제출해야 한다. 고용노동부장관은 고용노동부령으로 정하는 사업장에 대하여 고용노동부장관이 지정하는 기관이 실시하는 안전·보건진단을 받을 것을 명할 수 있다. 사업주는 작업장에 관리대상 유해물질의 가스·증기 또는 분진의 발산원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치를 설치하여야 한다. 그러나 관리대상 유해물질 취급업무를 임시로 하거나 단시간작업을 할 경우에는 특정조건 하에 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다.

그러나 작업환경 측정, 국소배기장치 또는 밀폐설비의 설치 등의 의무에 관하여 면제 또는 특례조항이 다수 존재한다.

관리대상유해물질과 관련한 법령은 아래와 같다.

○ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제420조(정의)

이 장에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "관리대상 유해물질"이란 근로자에게 상당한 건강장해를 일으킬 우려가 있어 법 제24조에 따라 건강장해를 예방하기 위한 보건상의 조치가 필요한 원재료·가스·증기·분진·흠(fume), 미스트(mist)로서 별표 12에서 정한 유기화합물, 금속류, 산·알칼리류, 가스상태 물질류를 말한다.
2. "유기화합물"이란 상온·상압(常壓)에서 휘발성이 있는 액체로서 다른 물질을 녹이는 성질이 있는 유기용제(有機溶劑)를 포함한 탄화수소계화합물 중 별표 12 제1호에 따른 물질을 말한다.
3. "금속류"란 고체가 되었을 때 금속광택이 나고 전기·열을 잘 전달하며, 전성(展性)과 연성(延性)을 가진 물질 중 별표 12 제2호에 따른 물질을 말한다.
4. "산·알칼리류"란 수용액(水溶液) 중에서 해리(解離)하여 수소이온을 생성하고 염기와 중화하여 염을 만드는 물질과 산을 중화하는 수산화화합물로서 물에 녹는 물질 중 별표 12 제3호에 따른 물질을 말한다.
5. "가스상태 물질류"란 상온·상압에서 사용하거나 발생하는 가스 상태의 물질로서 별표 12 제4호에 따른 물질을 말한다.
6. "특별관리물질"이란 「산업안전보건법 시행규칙」 별표 11의2제1호나목에 따른 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성 물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있는 물질로서 별표 12에서 특별관리물질로 표기된 물질을 말한다.
7. "유기화합물 취급 특별장소"란 유기화합물을 취급하는 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 장소를 말한다.
 - 가. 선박의 내부
 - 나. 차량의 내부
 - 다. 탱크의 내부(반응기 등 화학설비 포함)
 - 라. 터널이나 갱의 내부
 - 마. 맨홀의 내부
 - 바. 피트의 내부
 - 사. 통풍이 충분하지 않은 수로의 내부
 - 아. 덕트의 내부
 - 자. 수관(水管)의 내부
 - 차. 그 밖에 통풍이 충분하지 않은 장소
8. "임시작업"이란 일시적으로 하는 작업 중 월 24시간 미만인 작업을 말한다. 다만, 월 10시간 이상 24시간 미만인 작업이 매월 행하여지는 작업은 제외한다.
9. "단시간작업"이란 관리대상 유해물질을 취급하는 시간이 1일 1시간 미만인 작업을 말한다. 다만, 1일 1시간 미만인 작업이 매일 수행되는 경우는 제외한다.

○ 산업안전보건법 제43조 (건강진단)

- ① 사업주는 근로자의 건강을 보호·유지하기 위하여 고용노동부장관이 지정하는 기관 또는 「국민건강보험법」에 따른 건강검진을 하는 기관(이하 "건강진단기관"이라 한다)에서 근로자에 대한 건강진단을 하여야 한다. 이 경우 근로자대표가 요구할 때에는 건강진단 시 근로자대표를 입회시켜야 한다. <개정 2010.6.4.>
- ② 고용노동부장관은 근로자의 건강을 보호하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 사업주에게 특정 근로자에 대한 임시건강진단의 실시나 그 밖에 필요한 조치를 명할 수 있다. <개정 2010.6.4.>
- ③ 근로자는 제1항 및 제2항에 따라 사업주가 실시하는 건강진단을 받아야 한다. 다만, 사업주가 지정한 건강진단기관에서 진단 받기를 희망하지 아니하는 경우에는 다른 건강진단기관으로부터 이에 상응하는 건강진단을 받아 그 결과를 증명하는 서류를 사업주에게 제출할 수 있다.
- ④ 건강진단기관은 제1항 및 제2항에 따라 건강진단을 실시한 때에는 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 그 결과를 근로자 및 사업주에게 통보하고 고용노동부장관에게 보고하여야 한다. <개정 2010.6.4.>
- ⑤ 사업주는 제1항·제2항 또는 다른 법령에 따른 건강진단 결과 근로자의 건강을 유지하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 작업장소 변경, 작업 전환, 근로시간 단축, 야간근로(오후 10시부터 오전 6시까지 사이의 근로를 말한다)의 제한, 작업환경측정 또는 시설·설비의 설치·개선 등 적절한 조치를 하여야 한다. <개정 2013.6.12.>
- ⑥ 사업주는 제19조에 따른 산업안전보건위원회 또는 근로자대표가 요구할 때에는 직접 또는 건강진단을 한 건강진단기관으로 하여금 건강진단 결과에 대한 설명을 하도록 하여야 한다. 다만, 본인의 동의 없이는 개별 근로자의 건강진단 결과를 공개하여서는 아니 된다.
- ⑦ 사업주는 제1항 및 제2항에 따른 건강진단 결과를 근로자의 건강 보호·유지 외의 목적으로 사용하여서는 아니 된다.
- ⑧ 제1항에 따른 건강진단의 종류·시기·주기·항목·비용 및 건강진단기관의 지정·관리, 제2항에 따른 임시건강진단, 제5항에 따른 적절한 조치, 그 밖에 건강진단에 필요한 사항은 고용노동부령으로 정한다. <개정 2010.6.4.>
- ⑨ 고용노동부장관은 건강진단의 정확성과 신뢰성을 확보하기 위하여 건강진단기관의 건강진단·분석 능력을 평가하고, 평가 결과에 따른 지도·교육을 하여야 한다. 이 경우 평가 및 지도·교육의 방법·절차 등은 고용노동부장관이 정하여 고시한다. <개정 2010.6.4.>
- ⑩ 고용노동부장관은 건강진단의 수준향상을 위하여 건강진단기관 중 제1항에 따라 고용노동부장관이 지정하는 기관을 평가(제9항에 따른 평가를 포함한다)한 후 그 결과를 공표할 수 있다. 이 경우 평가 기준, 평가 방법 및 공표 방법 등에 관하여 필요한 사항은 고용노동부령으로 정한다. <개정 2010.6.4.>
- ⑪ 건강진단기관 중 제1항에 따라 고용노동부장관이 지정하는 기관에 관하여는 제15조의2를 준용한다. 이 경우 "안전관리전문기관"은 "건강진단기관"으로 본다. <개정 2010.6.4., 2013.6.12.>

[전문개정 2009.2.6.]

○ 산업안전보건법 제48조 (유해·위험 방지 계획서의 제출 등)

- ① 대통령령으로 정하는 업종 및 규모에 해당하는 사업의 사업주는 해당 제품생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물·기계·기구 및 설비 등 일체를 설치·이전하거나 그 주요 구조부분을 변경할 때에는 이 법 또는 이 법에 따른 명령에서 정하는 유해·위험 방지 사항에 관한 계획서(이하 "유해·위험방지계획서"라 한다)를 작성하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 제출하여야 한다. <개정 2010.6.4.>
- ② 기계·기구 및 설비 등으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것으로서 고용노동부령으로 정하는 것을 설치·이전하거나 그 주요 구조부분을 변경하려는 사업주에 대하여는 제1항을 준용한다. <개정 2010.6.4.>
 1. 유해하거나 위험한 작업을 필요로 하는 것
 2. 유해하거나 위험한 장소에서 사용하는 것
 3. 건강장해를 방지하기 위하여 사용하는 것
- ③ 건설업 중 고용노동부령으로 정하는 공사를 착공하려는 사업주는 고용노동부령으로 정하는 자격을 갖춘 자의 의견을 들은 후 유해·위험방지계획서를 작성하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 제출하여야 한다. 다만, 산업재해발생을 등을 고려하여 고용노동부령으로 정하는 기준에 적합한 건설업체의 경우는 고용노동부령으로 정하는 자격을 갖춘 자의 의견을 생략하고 유해·위험방지계획서를 작성한 후 이를 스스로 심사하여야 하며, 그 심사결과서를 작성하여 고용노동부장관에게 제출하고 해당 사업장에 갖추어 두어야 한다. <개정 2010.6.4., 2011.7.25.>
- ④ 고용노동부장관은 제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 유해·위험방지계획서를 심사한 후 근로자의 안전과 보건을 위하여 필요하다고 인정할 때에는 작업 또는 공사를 중지하거나 계획을 변경할 것을 명할 수 있다. <개정 2010.6.4., 2013.6.12.>
- ⑤ 제1항부터 제3항까지의 규정에 따라 유해·위험방지계획서를 제출한 사업주는 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관의 확인을 받아야 한다. <개정 2010.6.4.>

[전문개정 2009.2.6.]

○ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제421조(적용 제외)

- ① 사업주가 관리대상 유해물질의 취급업무에 근로자를 종사하도록 하는 경우로서 작업시간 1시간당 소비하는 관리대상 유해물질의 양(그램)이 작업장 공기의 부피(세제곱미터)를 15로 나눈 양(이하 "허용소비량"이라 한다) 이하인 경우에는 이 장의 규정을 적용하지 아니한다. 다만, 유기화합물 취급 특별장소, 특별관리물질 취급 장소, 지하실 내부, 그 밖에 환기가 불충분한 실내작업장인 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2012.3.5.>
- ② 제1항 본문에 따른 작업장 공기의 부피는 바닥에서 4미터가 넘는 높이에 있는 공간을 제외한 세제곱미터를 단위로 하는 실내작업장의 공간부피를 말한다. 다만, 공기의 부피가 150세제곱미터를 초과하는 경우에는 150세제곱미터를 그 공기의 부피로 한다.

○ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제422조

(관리대상 유해물질과 관계되는 설비)

사업주는 근로자가 실내작업장에서 관리대상 유해물질을 취급하는 업무에 종사하는 경우에 그 작업장에 관리대상 유해물질의 가스·증기 또는 분진의 발산원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치를 설치하여야 한다. 다만, 분말상태의 관리대상 유해물질을 습기가 있는 상태에서 취급하는 경우에는 그러하지 아니하다.

○ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제423조

(임시작업인 경우의 설비 특례)

- ① 사업주는 실내작업장에서 관리대상 유해물질 취급업무를 임시로 하는 경우에 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다.
- ② 사업주는 유기화합물 취급 특별장소에서 근로자가 유기화합물 취급업무를 임시로 하는 경우로서 전체환기장치를 설치한 경우에 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다.
- ③ 제1항 및 제2항에도 불구하고 관리대상 유해물질 중 별표 12에 따른 특별관리물질을 취급하는 작업장에는 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하여야 한다. <개정 2012.3.5.>

○ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제424조

(단시간작업인 경우의 설비 특례)

- ① 사업주는 근로자가 전체환기장치가 설치되어 있는 실내작업장에서 단시간 동안 관리대상 유해물질을 취급하는 작업에 종사하는 경우에 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장

치를 설치하지 아니할 수 있다.

② 사업주는 유기화합물 취급 특별장소에서 단시간 동안 유기화합물을 취급하는 작업에 종사하는 근로자에게 송기마스크를 지급하고 착용하도록 하는 경우에 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다.

③ 제1항 및 제2항에도 불구하고 관리대상 유해물질 중 별표 12에 따른 특별관리물질을 취급하는 작업장에는 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하여야 한다. <개정 2012.3.5.>

(3) 특별관리물질

“특별관리물질”이란 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성 물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있는 물질을 말한다. 관리대상유해물질 중 특별관리물질을 취급하는 사업체의 경우 추가적으로 특별관리물질 취급일지 작성 및 특별관리물질의 고지 의무가 부과된다.

사업주는 물질명·사용량 및 작업내용 등이 포함된 특별관리물질 취급일지를 작성하여 갖추어 두어야 하며, 취급물질이 특별관리물질이라는 사실과 「산업안전보건법 시행규칙」 별표 11의2에 따른 발암성 물질, 생식세포 변이원성 물질 또는 생식독성 물질 등 중 어느 것에 해당하는지에 관한 내용을 게시판 등을 통하여 근로자에게 알려야 한다.

특별관리물질 취급 시에는 아래와 같은 관련법령에 의거하며, 사업체에는 특별히 적용제외 조항이 적용되지 않는다.

○ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제420조(정의)

(중략)

9. "특별관리물질"이란 「산업안전보건법 시행규칙」 별표 11의2제1호나목에 따른 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성 물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있는 물질로서 별표 12에서 특별관리물질로 표기된 물질을 말한다.

(후략)

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제439조
(특별관리물질의 취급일지 작성)

사업주는 별표 12에 따른 특별관리물질을 취급하는 경우에 물질명·사용량 및 작업내용 등이 포함된 특별관리물질 취급일지를 작성하여 갖추어 두어야 한다. <개정 2012.3.5.>
[제목개정 2012.3.5.]

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제440조 (특별관리물질의 고지)

사업주는 근로자가 별표 12에 따른 특별관리물질을 취급하는 경우에는 그 물질이 특별관리물질이라는 사실과 「산업안전보건법 시행규칙」 별표 11의2에 따른 발암성 물질, 생식세포 변이원성 물질 또는 생식독성 물질 등 중 어느 것에 해당하는지에 관한 내용을 게시판 등을 통하여 근로자에게 알려야 한다.
[전문개정 2012.3.5.]

(4) 작업환경측정 대상 유해인자

“작업환경측정대상 유해인자”란 근로자의 건강을 해치고 쾌적한 작업환경조성을 방해하는 유해인자로 산업안전보건법 시행규칙 별표 11의5에 기재된 화학적 인자 181종, 물리적 인자 2종, 분진 7종 등 이다. 작업환경측정대상 유해인자를 취급하는 작업장은 일정한 자격³⁾을 가진 자로 하여금 작업환경측정을 하도록 한 후 그 결과를 기록 및 보존하고 고용노동부 장관에게 보고하여야 한다. 또한 작업측정결과를 작업장 근로자에게 알려야하는 의무를 가진다.

작업환경측정대상 유해인자의 측정 시에는 아래와 같은 관련법령에 의거한다.

3) 제93조의2(작업환경측정자의 자격) 법 제42조제1항에서 “고용노동부령으로 정하는 자격을 가진 자”란 그 사업장에 소속된 사람으로서 산업위생관리산업기사 이상의 자격을 가진 사람을 말한다. <개정 2010.7.12.>

○ 산업안전보건법 제42조 (작업환경측정 등)

- ① 사업주는 유해인자로부터 근로자의 건강을 보호하고 쾌적한 작업환경을 조성하기 위하여 인체에 해로운 작업을 하는 작업장으로서 고용노동부령으로 정하는 작업장에 대하여 고용노동부령으로 정하는 자격을 가진 자로 하여금 작업환경측정을 하도록 한 후 그 결과를 기록·보존하고 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 보고하여야 한다. 이 경우 근로자대표가 요구하면 작업환경측정 시 근로자대표를 입회시켜야 한다. <개정 2010.6.4.>
- ② 제1항에 따른 작업환경측정의 방법·횟수, 그 밖에 필요한 사항은 고용노동부령으로 정한다. <개정 2010.6.4.>
- ③ 사업주는 제1항에 따른 작업환경측정의 결과를 해당 작업장 근로자에게 알려야 하며 그 결과에 따라 근로자의 건강을 보호하기 위하여 해당 시설·설비의 설치·개선 또는 건강 진단의 실시 등 적절한 조치를 하여야 한다. <개정 2013.6.12.>
- ④ 사업주는 제1항에 따른 작업환경측정 및 작업환경측정에 따른 시료의 분석을 고용노동부장관이 지정하는 측정기관(이하 "지정측정기관"이라 한다)에 위탁할 수 있다. <개정 2010.6.4.>
- ⑤ 제4항에 따라 사업주로부터 작업환경측정을 위탁받은 지정측정기관이 작업환경측정을 한 후 그 결과를 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 전산자료로 제출한 경우에는 제1항에 따른 작업환경측정 결과보고를 한 것으로 본다. <개정 2010.6.4., 2013.6.12.>
- ⑥ 사업주는 제19조에 따른 산업안전보건위원회 또는 근로자대표가 요구하면 작업환경측정 결과에 대한 설명회를 직접 개최하거나 작업환경측정을 한 기관으로 하여금 개최하도록 하여야 한다.
- ⑦ 지정측정기관의 유형, 업무 범위, 지정 요건 및 절차, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
- ⑧ 고용노동부장관은 작업환경측정의 정확성과 신뢰성을 확보하기 위하여 지정측정기관의 작업환경측정·분석 능력을 평가하고, 평가 결과에 따라 지도·교육을 하여야 한다. 이 경우 평가 및 지도·교육의 방법·절차 등은 고용노동부장관이 정하여 고시한다. <개정 2010.6.4.>
- ⑨ 고용노동부장관은 작업환경측정의 수준을 향상시키기 위하여 필요한 경우 지정측정기관을 평가(제8항에 따른 평가를 포함한다)한 후 그 결과를 공표할 수 있다. 이 경우 평가기준 등은 고용노동부령으로 정한다. <개정 2010.6.4.>
- ⑩ 지정측정기관에 관하여는 제15조의2를 준용한다.
[전문개정 2009.2.6.]

○ 산업안전보건법 시행규칙

[고용노동부령 제179호, 2017.2.3., 타법개정]

제93조(작업환경측정 대상 작업장 등)

- ① 법 제42조제1항에서 "고용노동부령으로 정하는 작업장"이란 별표 11의5의 작업환경측정 대상 유해인자에 노출되는 근로자가 있는 작업장을 말한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 작업환경측정을 하지 아니할 수 있다. <개정 2016.2.17>
1. 안전보건규칙 제420조제8호에 따른 임시 작업 및 같은 조 제9호에 따른 단시간 작업을 하는 작업장(고용노동부 장관이 정하여 고시하는 물질을 취급하는 작업은 제외한다)
 2. 안전보건규칙 제420조제1호에 따른 관리대상 유해물질의 허용소비량을 초과하지 아니하는 작업장(그 관리대상 유해물질에 관한 작업환경측정만 해당한다)
 3. 안전보건규칙 제605조제2호에 따른 분진작업의 적용 제외 작업장(분진에 관한 작업환경측정만 해당한다)
 4. 그 밖에 작업환경측정 대상 유해인자의 노출 수준이 노출기준에 비하여 현저히 낮은 경우로서 고용노동부장관이 정하여 고시하는 작업장
- ② 보건진단기관이 보건진단을 실시하는 경우에 제1항에 따른 작업장의 유해인자 전체에 대하여 고용노동부장관이 정하는 방법에 따라 작업환경을 측정하였을 때에는 사업주는 법 제42조에 따라 해당 측정주기에 실시하여야 할 해당 작업장의 작업환경측정을 하지 아니할 수 있다. <개정 2010.7.12.>

○ 산업안전보건법 시행규칙

[고용노동부령 제179호, 2017.2.3., 타법개정]

제93조의2(작업환경측정자의 자격)

법 제42조제1항에서 "고용노동부령으로 정하는 자격을 가진 자"란 그 사업장에 소속된 사람으로서 산업위생관리산업기사 이상의 자격을 가진 사람을 말한다. <개정 2010.7.12.>

○ 산업안전보건법 시행규칙

[고용노동부령 제179호, 2017.2.3., 타법개정]

제93조의3(작업환경측정 방법)

① 사업주는 법 제42조제1항에 따른 작업환경측정을 할 때에는 다음 각 호의 사항을 지켜야 한다.

1. 작업환경측정을 하기 전에 예비조사를 할 것
2. 작업이 정상적으로 이루어져 작업시간과 유해인자에 대한 근로자의 노출 정도를 정확히 평가할 수 있을 때 실시할 것
3. 모든 측정은 개인시료채취방법으로 하되, 개인시료채취방법이 곤란한 경우에는 지역시료채취방법으로 실시(이 경우 그 사유를 별지 제21호서식의 작업환경측정 결과표에 분명하게 밝혀야 한다)할 것

② 제1항에 따른 측정방법 외에 유해인자별 세부측정방법 등에 관하여 필요한 사항은 고용노동부장관이 정한다. <개정 2010.7.12.>

○ 산업안전보건법 시행규칙

[고용노동부령 제179호, 2017.2.3., 타법개정]

제93조의4 (작업환경측정 횟수)

① 사업주는 작업장 또는 작업공정이 신규로 가동되거나 변경되는 등으로 제93조제1항에 따른 작업환경측정 대상 작업장이 된 경우에는 그 날부터 30일 이내에 작업환경측정을 하고, 그 후 6개월에 1회 이상 정기적으로 작업환경을 측정하여야 한다. 다만, 작업환경측정 결과가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 작업장 또는 작업공정은 해당 유해인자에 대하여 그 측정일부터 3개월에 1회 이상 작업환경측정을 하여야 한다. <개정 2013.8.6., 2016.2.17.>

1. 별표 11의5 제1호에 해당하는 화학적 인자(고용노동부장관이 정하여 고시하는 물질만 해당한다)의 측정치가 노출기준을 초과하는 경우
2. 별표 11의5 제1호에 해당하는 화학적 인자(고용노동부장관이 정하여 고시하는 물질은 제외한다)의 측정치가 노출기준을 2배 이상 초과하는 경우

② 제1항에도 불구하고 사업주는 최근 1년간 작업공정에서 공정 설비의 변경, 작업방법의 변경, 설비의 이전, 사용 화학물질의 변경 등으로 작업환경측정 결과에 영향을 주는 변화가 없는 경우로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 해당 유해인자에 대한 작업환경측정을 1년에 1회 이상 할 수 있다. 다만, 고용노동부장관이 정하여 고시하는 물질을 취급하는 작업공정은 그러하지 아니하다. <개정 2013.8.6.>

1. 작업공정 내 소음의 작업환경측정 결과가 최근 2회 연속 85데시벨(dB) 미만인 경우
2. 작업공정 내 소음 외의 다른 모든 인자의 작업환경측정 결과가 최근 2회 연속 노출기준 미만인 경우

○ 산업안전보건법 시행규칙

[고용노동부령 제179호, 2017.2.3., 타법개정]

제94조(작업환경측정 결과의 보고)

제94조(작업환경측정 결과의 보고) ① 사업주는 법 제42조제1항에 따라 작업환경측정을 한 경우에는 별지 제20호서식의 작업환경측정 결과보고서에 별지 제21호서식의 작업환경측정 결과표를 첨부하여 제93조의3제1항제3호에 따른 시료채취를 마친 날부터 30일 이내에 관할 지방고용노동관서의 장에게 제출하여야 한다. 다만, 시료분석 및 평가에 상당한 시간이 걸려 시료채취를 마친 날부터 30일 이내에 보고하는 것이 어려운 사업장의 사업주는 고용노동부장관이 정하여 고시하는 바에 따라 그 사실을 증명하여 지방고용노동관서의 장에게 신고하면 30일의 범위에서 제출기간을 연장할 수 있다. <개정 2010.7.12.>

② 법 제42조제5항에 따라 지정측정기관이 작업환경측정을 한 경우에는 시료채취를 마친 날부터 30일 이내에 작업환경측정 결과표를 전자적 방법으로 지방고용노동관서의 장에게 제출하여야 한다. 다만, 시료분석 및 평가에 상당한 시간이 걸려 시료채취를 마친 날부터 30일 이내에 보고하는 것이 어려운 지정측정기관은 고용노동부장관이 정하여 고시하는 바에 따라 그 사실을 증명하여 지방고용노동관서의 장에게 신고하면 30일의 범위에서 제출기간을 연장할 수 있다. <개정 2010.7.12.>

③ 사업주는 작업환경측정 결과 노출기준을 초과한 작업공정이 있는 경우에는 법 제42조제3항에 따라 해당 시설·설비의 설차개선 또는 건강진단의 실시 등 적절한 조치를 하고 제93조의3제1항제3호에 따른 시료채취를 마친 날부터 60일 이내에 해당 작업공정의 개선을 증명할 수 있는 서류 또는 개선 계획을 관할 지방고용노동관서의 장에게 제출하여야 한다. <개정 2010.7.12., 2014.3.12.>

④ 제1항 및 제2항에 따른 작업환경측정 결과의 보고내용, 방식 및 절차에 관한 사항은 고용노동부장관이 정하여 고시한다. <개정 2010.7.12.>

(5) 허가대상물질

“허가대상물질”이란 금지의 전 단계 조치로서, 유해성이 높아 사전 예방적 차원에서 대체물질 등의 개발을 촉진하며 장기적으로는 사용의 중지를 유도하는 물질이다. 해당물질을 제조하거나 사용할 경우 고용노동부의 허가를 받아야 한다.

허가물질은 발암성·생식독성·생식세포 변이원성 1등급으로 그 유해성이 확인, 위험성이 결정되며, 사회·경제성평가 결과 산업안전보건법상 동 화학물질의 취급허가를 받을 필요성이 인정되는 화학물질이다.

허가대상물질 취급 시에는 아래와 같은 관련법령에 의거한다.

○ 산업안전보건법 제38조 (제조 등의 허가)

- ① 제37조제1항 각 호의 어느 하나의 기준에 해당하는 물질로서 대통령령으로 정하는 물질(이하 "허가대상물질"이라 한다)을 제조하거나 사용하려는 자는 고용 노동부령으로 정하는 바에 따라 미리 고용노동부장관의 허가를 받아야 한다. 허가받은 사항을 변경할 때에도 또한 같다. <개정 2010.6.4., 2013.6.12.>
- ② 허가대상물질의 제조·사용설비, 작업방법, 그 밖의 허가기준은 고용노동부령으로 정한다. <개정 2010.6.4., 2013.6.12.>
- ③ 제1항에 따라 허가를 받은 자(이하 "허가대상물질 제조·사용자"라 한다)는 그 제조·사용설비를 제2항의 기준에 적합하도록 유지하여야 하며, 그 기준에 적합한 작업방법으로 허가대상물질을 제조·사용하여야 한다. <개정 2013.6.12.>
- ④ 고용노동부장관은 허가대상물질 제조·사용자의 제조·사용설비 또는 작업방법이 제2항의 기준에 적합하지 아니하다고 인정할 때에는 그 기준에 적합하도록 제조·사용설비를 수리·개조 또는 이전하도록 하거나 그 기준에 적합한 작업방법으로 그 물질을 제조·사용하도록 명할 수 있다. <개정 2010.6.4., 2013.6.12.>
- ⑤ 고용노동부장관은 허가대상물질 제조·사용자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하면 그 허가를 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 영업을 정지하게 할 수 있다. 다만, 제1호에 해당할 때에는 그 허가를 취소하여야 한다. <개정 2010.6.4., 2013.6.12.>
 1. 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 허가를 받은 경우
 2. 제2항에 따른 허가기준에 맞지 아니하게 된 경우
 3. 제3항을 위반한 경우
 4. 제4항에 따른 명령을 위반한 경우

5. 자체검사 결과 이상을 발견하고도 즉시 보수 및 필요한 조치를 하지 아니한 경우
 ⑥ 제1항에 따른 허가의 신청절차나 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

○ 산업안전보건법 시행령 제30조 (허가 대상 유해물질)

법 제38조제1항에 따라 제조 또는 사용허가를 받아야 하는 유해물질은 다음 각 호와 같다. <개정 2010.2.24., 2010.7.12., 2012.1.26., 2016.2.17.>

1. 디클로로벤지딘과 그 염
 2. 알파-나프틸아민과 그 염
 3. 크롬산 아연
 4. 오로토-톨리딘과 그 염
 5. 디아니시딘과 그 염
 6. 베릴륨
 7. 비소 및 그 무기화합물
 8. 크롬광(열을 가하여 소성 처리하는 경우만 해당한다)
 9. 휘발성 콜타르피치
 10. 황화니켈
 11. 염화비닐
 12. 벤조트리클로리드
 13. 삭제 <2016.2.17.>
 14. 제1호부터 제11호까지의 어느 하나에 해당하는 물질을 함유한 제제(함유된 중량의 비율이 1퍼센트 이하인 것은 제외한다)
 15. 제12호의 물질을 함유한 제제(함유된 중량의 비율이 0.5퍼센트 이하인 것은 제외한다)
 16. 그 밖에 보건상 해로운 물질로서 고용노동부장관이 산업재해보상보험및예방심의위원회의 심의를 거쳐 정하는 유해물질
- [전문개정 2009.7.30.]

○ 산업안전보건법 시행령 제30조의 2

(유해물질의 제조 등 허가신청)

법 제38조제1항에 따라 제30조 각 호의 어느 하나에 해당하는 유해물질의 제조·사용허가를 받으려는 자는 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 유해물질의 제조·사용 허가신청서를 고용노동부장관에게 제출하여야 한다. <개정 2010.7.12.>
[전문개정 2009.7.30.]

○ 산업안전보건법 시행규칙 제79조 (제조 등 허가의 신청 및 심사)

① 법 제38조제1항과 영 제30조의2에 따라 영 제30조 각 호에 따른 유해물질의 제조허가 또는 사용허가를 받으려는 자는 별지 제16호서식의 제조·사용허가신청서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 관할 지방고용노동관서의 장에게 제출하여야 한다. <개정 2010.7.12.>
1. 사업계획서(제조·수입·사용의 목적·양 등에 관한 사항을 포함하여야 한다)
2. 산업보건 관련 조치를 위한 시설·장치의 명칭·구조·성능 등에 관한 서류
3. 해당 사업장의 전체 작업공정도, 각 공정별로 취급하는 물질의 종류·취급량 및 공정별 종사 근로자 수에 관한 서류

② 지방고용노동관서의 장은 제1항에 따라 제조·사용허가신청서가 접수된 때에는 다음 각 호의 사항을 심사하여 신청서가 접수된 날부터 20일 이내에 별지 제17호서식의 허가증을 신청인에게 발급하거나 불허가 사실을 알려야 한다. <개정 2010.7.12., 2011.3.3., 2011.7.6.>

1. 제1항에 따른 신청서 및 첨부서류의 내용이 적정한지 여부
2. 제조·사용 설비 등이 안전보건규칙 제33조, 제35조제1항(같은 규칙 별표 2 제16호 및 제17호에 해당하는 경우로 한정한다) 및 같은 규칙 제453조부터 제486조까지의 규정에 적합한지 여부

③ 지방고용노동관서의 장은 제2항에 따라 제조·사용허가신청서를 심사하기 위하여 필요한 경우 공단에 신청서 및 첨부서류의 검토 등을 요청할 수 있다. <개정 2010.7.12.>

④ 공단은 제3항에 따라 요청을 받은 경우에는 요청받은 날부터 10일 이내에 그 결과를 지방고용노동관서의 장에게 보고하여야 한다. <개정 2010.7.12.>

⑤ 유해물질의 제조·사용허가증의 재발급, 허가증의 반납에 관하여는 제18조제4항과 제6항을 준용한다.

[전문개정 2009.8.7.]

2) 규제 후 화학물질의 관리기준: 허용기준 설정대상 유해인자

“허용기준 설정물질”이란 발암성 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자를 말한다.

허용기준 설정물질은 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자로서 사업주는 사업장 내 노출농도를 법에서 정한 허용기준 이하로 유지해야 한다. 유해인자의 허용기준 초과 시에는 과태료 1,000만원이 부과된다.

○ 산업안전보건법 제39조2 (유해인자 허용기준의 준수)

① 사업주는 발암성 물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자로서 대통령령으로 정하는 유해인자는 작업장 내의 그 노출 농도를 고용노동부령으로 정하는 허용기준 이하로 유지하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2010.6.4.>

1. 시설 및 설비의 설치나 개선이 현존하는 기술로 가능하지 아니한 경우
2. 천재지변 등으로 시설과 설비에 중대한 결함이 발생한 경우
3. 고용노동부령으로 정하는 임시 작업과 단시간 작업의 경우
4. 그 밖에 대통령령으로 정하는 경우

② 제1항 단서에도 불구하고 사업주는 유해인자의 노출 농도를 제1항에 따른 허용기준 이하로 유지하도록 노력하여야 한다.

- 산업안전보건법 시행령 제31조 (허용기준 이하 유지 대상 유해인자)

제39조의2제1항 각 호 외의 부분 본문에서 "대통령령으로 정하는 유해인자"란 다음 각 호와 같다. <개정 2016.2.17>

1. 납 및 그 무기화합물
2. 니켈(불용성 무기화합물로 한정한다)
3. 디메틸포름아미드
4. 벤젠
5. 2-브로모프로판
6. 석면(제조·사용하는 경우만 해당한다)
7. 6가크롬 화합물
8. 이황화탄소
9. 카드뮴 및 그 화합물
10. 톨루엔-2,4-다이소시아네이트 또는 톨루엔-2,6-다이소시아네이트
11. 트리클로로에틸렌
12. 포름알데히드
13. 노말렉산

[전문개정 2009.7.30.]

- 산업안전보건법 시행규칙 제81조 4 (허용기준)

① 법 제39조의2제1항 각 호 외의 부분 본문에서 "고용노동부령으로 정하는 허용기준"이란 별표 11의3과 같다. <개정 2010.7.12.>

[별표 11의3] <개정 2016.2.17.>

유해인자별 노출농도의 허용기준(제81조의4 관련)

유해인자		허용기준			
		시간가중평균값(TWA)		단시간 노출값(STEL)	
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
1. 납 및 그 무기화합물			0.05		
2. 니켈(불용성 무기화합물)			0.2		
3. 디메틸포름아미드		10			
4. 벤젠		0.5		25	
5. 2-브로모프로판		1			
6. 석면			0.1개/cm ³		
7. 6가크롬 화합물	불용성		0.01		
	수용성		0.05		
8. 이황화탄소		1			
9. 카드뮴 및 그 화합물			0.01 (호흡성 분 진인 경우 0.002)		
10. 톨루엔-2,4-다이소시아네이트 또는 톨루엔-2,6-다이소시아네이트		0.005		0.02	
11. 트리클로로에틸렌		10		25	
12. 포름알데히드		0.3			
13. 노말헥산		50			

※ 비고

1. “시간가중평균값(TWA, Time-Weighted Average)”이란 1일 8시간 작업을 기준으로 한 평균노출농도로서 산출공식을 다음과 같다.

$$TWA = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_8 T_8}{8}$$

주) C : 유해인자의 측정농도(단위 : ppm, mg/m³ 또는 개/cm³)

T : 유해인자의 발생시간(단위 : 시간)

2. “단시간 노출값(STEL, Short-Term Exposure Limit)”이란 15분간의 시간가중평균값으로서 노출농도가 시간가중평균값을 초과하고 단시간 노출값 이하인 경우에는 ① 1회 노출 지속시간이 15분 미만이어야 하고, ② 이러한 상태가 1일 4회 이하로 발생해야 하며, ③ 각 회의 간격은 60분 이상이어야 한다.

② 허용기준 설정 대상 유해인자의 노출농도 측정에 관하여는 제93조의3을 준용한다.

[전문개정 2009.8.7.]

3. 사회성·경제성 평가의 비용 및 편익의 분석

1) 비용의 평가 및 측정

(1) 시나리오 분류

시나리오를 분류하는 기준은 ‘허용기준 대상이 되는 유해물질의 관리수준 다양성’과 ‘기업의 준수상태의 다양성’이다. ‘허용기준 대상이 되는 유해물질 관리수준의 다양성’은 해당 화학물질의 현재 규제 수준이 상이함을 기반으로 한다. 대부분의 허용기준 설정 대상물질은 기존에 ‘허가대상물질’, ‘특별관리물질’, 관리대상 유해물질로 관리되고 있다. 따라서 이미 노출기준 준수뿐만 아니라, 배기장치 설치, 보호장비 착용, 근로자 교육, 건강검진 등이 이루어지고 있다. 그러나 1,2-디클로로프로판은 노출기준설정대상 화학물질에만 속하며, ‘관리대상 유해물질’의 경우는 특례의 대상이 되는 경우도 존재한다. 따라서 현재관리수준을 노출기준관리대상, 특례를 받는 관리대상유해물질, 특례를 받지 않는 관리대상유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 5가지로 분류하였다.

그 후, 이를 관리 및 조치의무여부에 따라 국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 대상과 국소배기장치 및 밀폐설비 설치 대상으로 그룹화하여 최종적으로 두 가지 조건을 선정하였다.

이와 더불어 ‘기업의 준수상태의 다양성’은 현재 사업장의 화학물질 노출량 수준 정도에 관한 것이다. 허용기준을 기준으로 사업장 노출량이 ‘허용기준 초과’, ‘허용기준의 50% 초과 100%이하’, ‘허용기준의 25% 초과~50% 이하’, ‘허용기준의 10% 초과~25% 이하’, ‘허용기준의 5%초과~10% 이하’, ‘허용기준의 2.5%초과~5% 이하’, ‘허용기준의 2.5% 이하’, ‘노출량 없음(0)’으로 나누었다.

다만 허용기준설정 규제는 구체적인 관리 및 조치 의무가 부과되는 것이 아닌 사업장에서의 노출수준을 허용기준 이하로 유지하도록 하는 의무만을 부과하고 있다. 이에 사업주가 사업장의 노출수준을 허용기준 이하로 유지하려는

노력이 현재 사업장의 노출수준에 따라서 상이할 것으로 예상할 수 있다. 따라서 선행연구와 같이 단순히 관리 및 조치로 인한 비용을 동일하게 적용하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 사업장의 노출수준에 따라 비용을 차등적으로 적용하고자 한다. 사업장의 노출수준이 허용기준을 초과하거나 50%초과 100%이하의 경우에 필요한 추가적인 관리 및 조치를 100%로 가정하고, 이를 기준으로 노출수준별로 차등적으로 비용이 발생할 것으로 가정하여 시나리오별 비용을 산출하고자 한다.

2가지 기준을 2×2행렬로 적용한 결과는 다음과 같은 총 15개이고, 사업장 노출량을 기준으로 시나리오를 설정하였다.

<표 IV-1> 시나리오 분류

유해물질의 관리수준 다양성	노출기준 관리대상	특례를 받는 관리대상 유해물질	특례받지않는 관리대상 유해물질	특별 관리 물질	허가대상 유해물질
사업장 노출량	국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 비대상		국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 대상		
허용기준 초과	(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 설치 및 유지 관리비) × 초과사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 분석기간		(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 유지 관리비) × 초과사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 분석기간		
허용기준 50% 초과 ~100%이하	(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 설치 및 유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 분석기간		(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 분석기간		
허용기준 25% 초과 ~50% 이하	(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 설치 및 유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 50% × 분석기간		(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 50% × 분석기간		
허용기준 10% 초과 ~25% 이하	(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 설치 및 유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 25% × 분석기간		(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 25% × 분석기간		
허용기준 5%초과 ~10%	(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 설치 및 유지 관리비) ×		(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 유지 관리비) × 해당사업장 수		

이하	해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 10% × 분석기간	× 사업장의 노력의 증가정도 × 10% × 분석기간
허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 설치 및 유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 5% × 분석기간	(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 5% × 분석기간
허용기준 ~2.5% 이하	(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비 설치 및 유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 2.5% × 분석기간	(송풍기 추가비용 + 국소배기장치 및 밀폐설비유지 관리비) × 해당사업장 수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 2.5% × 분석기간
노출량0	비용산정 제외	

사업장 배출량을 구분하는 기준은 기본적으로 김기연(2014)비용 산출방법을 사용하였다. 김기연(2014)은 사업장의 관리수준을 ‘허용기준 초과’, ‘허용기준 50% 초과~100%이하’, ‘허용기준 25% 초과~50% 이하’, ‘허용기준 10% 초과~25% 이하’, ‘허용기준 10% 이하’로 구분하였다. 그러나 ‘허용기준 10%이하’의 사업장이 전체사업장의 약 91%를 차지하여, 본 연구에서는 해당구간을 ‘허용기준 5%초과~10% 이하’, ‘허용기준 2.5%초과~5% 이하’, ‘허용기준 2.5% 이하’, ‘노출량0’으로 구분하여 각 구간의 사업장 비율이 비슷하도록 구성하였다.

(2) 시나리오별 비용

○ 시나리오#1: 사업장 배출량이 허용기준을 초과하는 경우

시나리오#1의 경우, 사업장은 배출기준이하로 배출수준을 감소시키려고 노력할 것이다.

시나리오#1의 총비용은 202,453,026 원으로 나타났다.

▶ 시나리오 #1-1: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있는 사업장의 배출량이 허용기준을 초과하는 경우(특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장)

시나리오 #1-1에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있었기 때문에 신규로 설비를 설치하기 보다는 기존의 설비를 추가가동하거나 혹은 효율증가를 추구할 것이라 보았다. 따라서 이에 기존 설치되어있던 장치들의 유지관리비 만큼이 추가적으로 발생 할 것으로 보았다. 그러나 사업장들은 허용기준을 지키기 위해 과태료 보다 많은 비용을 지불할 의사는 없을 것이다. 따라서 선행연구(김태운, 2014)에서 제시한 여러 유지관리비중 천만

원 미만의 비용인 ‘유지관리비 평균값(소)’를 사용하여 계산하였다.

대상 사업장은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질을 취급하는 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{국소배기장치 유지관리비} + \text{밀폐설비 유지관리비}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가정도} \\
 &= (3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \text{ 원}) \times 11\text{개소} \times 24.63\% \\
 &= 140,859,703 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$\begin{aligned}
 &= \{ (1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} \} + \{ [(유지관리비 \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \} \\
 &= \{ (748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101 \} + \{ [(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \} \\
 &= 3,727,179 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

2) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$= \{ (\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}^*) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{ (3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}$$

$$= 46,694,102 \text{ 원}$$

* ‘국소배기장치 설치비율’은 ‘국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)’를 의미함

3) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

= {(유지관리비 × 개수) × (밀폐설비 설치비율(*))} × 할인율이 적용된 분석기간(30년)

$$= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\% \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\}$$

= 1,548,798 원

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

4) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 배출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

▶ 시나리오#1-2: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있지 않은 사업장의 배출량이 허용기준을 초과하는 경우 (노출기준관리대상, 특례를 받는 관리대상유해물질 사업장)

시나리오 #1-2에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있지 않았기 때문에 신규로 설비를 설치해야 할 것이다. 따라서 시나리오 #1-1의 비용에 '국소배기장치 및 밀폐설비의 설치 및 유지관리비'가 추가로 발생하는 것으로 보았다. 위에서 언급했듯이 사업장들은 허용기준을 지키기 위해 장기적으로 발생할 예상 과태료 보다 많은 비용을 지불할 의사는 없을 것이다. 따라서 선행연구(김태운, 2014)에서 제시한 여러 설치 및 유지관리비중 가장 적은 비용인 '설치 및 유지관리비 평균값(소)'를 사용하여 계산하였다.

대상 사업장은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질을 취급하는 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
&= (\text{국소배기장치 설치 및 유지관리비(신규)} + \text{밀폐설비 설치 및 유지관리비} \\
&\quad (\text{신규}) + \text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{추가적 국소배기장치 및} \\
&\quad \text{밀폐설비 유지관리비용}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증} \\
&\quad \text{가정도} \\
&= (27,561,911 \text{ 원} + 3,792,310 \text{ 원} + 3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \\
&\quad \text{원}) \times 3\text{개소} \times 24.63\% \\
&= 61,593,323 \text{ 원}
\end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

- ※ 설치비용, 기타비용, 면적비용, 내구용품비용(처음 한번 드는 비용)
- ※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 국소배기장치 설치 및 유지관리비용

$$\begin{aligned}
&= \{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인} \\
&\quad \text{율이 적용된 분석기간(30년)}\} \times [(1 - \text{국소배기장치 설치비율}(*)) \times \{\text{국소배기장치 설} \\
&\quad \text{치/}(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}] \\
&= \{[(87,555,977 \times 1) + 7,200,000 + 22,221,818] + \{(3,722,050 \times 1) \times \\
&\quad \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\} \times 15.8\% \\
&= 27,561,911 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 국소배기장치가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 국소배기장치 설치율을 곱하여 산정함

2) 밀폐설비 설치 및 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
&= \{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인} \\
&\quad \text{율이 적용된 분석기간(30년)}\} \times [(1 - \text{밀폐설비 설치비율}(*)) \times \{\text{밀폐설비 설치/}(\text{국소} \\
&\quad \text{배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]
\end{aligned}$$

$$= \{[(11,166,667 \times 1) + 9,500,000] + \{(833,333 \times 1) \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\} \} \times 11.3\%$$

$$= 3,792,310 \text{ 원}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 밀폐설비가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 밀폐설비 설치율을 곱하여 산정함

3) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$= \{(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}\} + \{[(\text{유지관리비} \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}\}$$

$$= \{(748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101\} + \{[(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\}$$

$$= 3,727,179 \text{ 원}$$

4) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$= \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}(*))\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{(3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}$$

$$= 46,694,102 \text{ 원}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

5) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$= \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}(*))\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}$$

$$= 1,548,798 \text{ 원}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

6) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

○ 시나리오#2: 사업장 노출량이 허용기준의 50% 초과~100%이하 수준인 경우

시나리오 #2에 해당하는 사업장은 작업환경조사에서 누출수준을 초과하지는 않았다. 그러나 해당구간은 미국의 산업안전보건청(OHSA)의 관리농도(Action level)에 해당한다. 이에 해당 사업장들은 작업환경 변화에 따라 노출기준을 넘을 가능성이 통계적으로 유의하다. 때문에 허용기준을 만족시키기 위해서 노출기준을 초과한 사업장만큼의 노력이 필요할 것이라고 보았다. 따라서 노출기준을 초과한 사업장과 동일한 수준의 노력을 기울일 것이라고 보았다. 따라서 시나리오1과 마찬가지로 비용이 발생할 것으로 가정하였다.

시나리오#2의 총비용은 1,629,995,822 원으로 나타났다.

▶ 시나리오 #2-1: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있는 사업장의 노출량이 허용기준의 50% 초과~100%이하 수준인 경우(특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장)

시나리오 #2-1에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있었기 때문에 신규로 설비를 설치하기 보다는 기존의 설비를 추가가동 혹은 효율증가를 추구할 것이라 보았다. 따라서 이에 기존 설치되어있던 장치들에 유지관리비 만큼이 추가적으로 발생 할 것으로 보았다. 앞서 언급한 이유로 ‘유지관리비 평균값(소)’를 사용하여 계산하였다. 대상 사업장은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{국소배기장치 유지관리비} + \text{밀폐설비 유지관리비}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가정도} \\
 &= (3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \text{ 원}) \times 84\text{개소} \times 24.63\% \\
 &= 1,075,655,916 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$\begin{aligned}
 &= \{ (1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} + [(\text{유지관리비} \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \} \\
 &= \{ (748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101 \} + [\{ (43,809 \times 1) + (748,000 \times 1) \} \times \\
 &\quad \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}] \\
 &= 3,727,179 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

2) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
 &= \{ (\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}(*)) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
 &= \{ (3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
 &= 46,694,102 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

3) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$= \{ (\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}(*)) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\% \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\}$$

= 1,548,798 원

* '밀폐설비 설치비용'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

4) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

▶ 시나리오#2-2: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있지 않은 사업장의 노출량이 허용기준의 50% 초과~100%이하 수준인 경우 (노출기준관리대상, 특례를 받는 관리대상유해물질 사업장)

시나리오 #2-2에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있지 않았기 때문에 신규로 설비를 설치해야 할 것이다. 따라서 시나리오 #2-1의 비용에 '국소배기장치 및 밀폐설비의 설치 및 유지관리비'가 추가로 발생하는 것으로 보았다. 역시 앞서 언급한 이유로 '유지관리비 평균값(소)'를 사용하여 계산하였다. 대상 사업장은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질을 취급하는 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

= (국소배기장치 설치 및 유지관리비(신규) + 밀폐설비 설치 및 유지관리비(신규) + 송풍기 추가설치 및 효율증가 비용 + 추가적 국소배기장치 및 밀폐설비 유지관리비용) × 비율이 반영된 사업장수 × 사업장의 노력의 증가정도

= (27,561,911 원 + 3,792,310 원 + 3,727,179 원 + 46,694,102 원 + 1,548,798 원) × 27개소 × 24.63%

= 554,339,906 원

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인을 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

- ※ 설치비용, 기타비용, 면적비용, 내구용품비용(처음 한번 드는 비용)
- ※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 국소배기장치 설치 및 유지관리비용

$$= \{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인이 적용된 분석기간}(30\text{년})\} \times [(1 - \text{국소배기장치 설치비율}(*)) \times \{\text{국소배기장치 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]$$

$$= \{[(87,555,977 \times 1) + 7,200,000 + 22,221,818] + \{(3,722,050 \times 1) \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\} \} \times 15.8\%$$

= 27,561,911 원

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 국소배기장치가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 국소배기장치 설치율을 곱하여 산정함

2) 밀폐설비 설치 및 유지관리비용(선행연구)

$$= \{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인이 적용된 분석기간}(30\text{년})\} \} \times [(1 - \text{밀폐설비 설치비율}(*)) \times \{\text{밀폐설비 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]$$

$$= \{[(11,166,667 \times 1) + 9,500,000] + \{(833,333 \times 1) \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\} \} \times 11.3\%$$

= 3,792,310 원

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 밀폐설비가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 밀폐설비 설치율을 곱하여 산정함

3) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$\begin{aligned}
&= \{ (1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} + [(\text{유지관리비} \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
&= \{ (748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101 \} + [((43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)) \times \\
&\quad \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}] \\
&= 3,727,179 \text{ 원}
\end{aligned}$$

4) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$= \{ (\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}(*)) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$\begin{aligned}
&= \{ (3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
&= 46,694,102 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

5) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$= \{ (\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}(*)) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$\begin{aligned}
&= \{ (833,333 \times 1) \times 12.1\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
&= 1,548,798 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

6) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

○ 시나리오#3: 사업장 노출량이 허용기준의 25% 초과~50%이하 수준인 경우

앞선 시나리오 #1과 #2는 설문조사를 통해 현재수준 대비 사업장의 노력의

증가정도를 24.63%로 가정하였다. 그러나 시나리오#3의 사업장은 배출량이 허용기준의 50%이하 수준이기 때문에 사업장이 기울여야하는 추가적인 노력의 정도 또한 기존에 가정한 사업장의 노력의 증가정도의 50%정도(24.63% × 50%)임을 가정하였다.

시나리오#3의 총비용은 4,678,591,853 원으로 나타났다.

▶ 시나리오 #3-1: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있는 사업장의 배출량이 허용기준의 25% 초과~50%이하 수준인 경우(특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장)

시나리오 #3-1에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있었기 때문에 신규로 설비를 설치하기 보다는 기존의 설비를 추가가동 혹은 효율증가를 추구할 것이라 보았다. 대상은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{국소배기장치 유지관리비} + \text{밀폐설비 유지관리비}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가정도} \times 50\% \\
 &= (3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \text{ 원}) \times 479\text{개소} \times 24.63\% \times 50\% \\
 &= 3,066,899,903 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)
 - ※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

- 1) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$\begin{aligned}
&= \{(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}\} + \{[(\text{유지관리비} \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}\} \\
&= \{(748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101\} + \{[(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\} \\
&= 3,727,179 \text{ 원}
\end{aligned}$$

2) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
&= \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}^*)\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
&= \{(3,722,050 \times 1) \times 81.8\%\} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
&= 46,694,102 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

3) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
&= \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}^*)\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
&= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\%\} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
&= 1,548,798 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

4) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

▶ 시나리오#3-2: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있지 않은 사업장의 노출량이 허용기준의 25% 초과~50%이하 수준인 경우 (노출기준관리 대상, 특례를 받는 관리대상유해물질 사업장)

시나리오 #3-2에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있지 않았기 때문에 신규로 설비를 설치해야 할 것이다. 따라서 시나리오 #3-1의 비용에 ‘국소배기장치 및 밀폐설비의 설치 및 유지관리비’가 추가로 발생하는 것으로 보았다. 앞서 언급한 이유로 ‘유지관리비 평균값(소)’를 사용하여 계산하였다. 대상 사업장은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질을 취급하는 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{국소배기장치 설치 및 유지관리비(신규)} + \text{밀폐설비 설치 및 유지관리비(신규)} + \text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{추가적 국소배기장치 및 밀폐설비 유지관리비용}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가정도} \times 50\% \\
 &= (27,561,911 \text{ 원} + 3,792,310 \text{ 원} + 3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \text{ 원}) \times 157\text{개소} \times 24.63\% \times 50\% \\
 &= 1,611,691,950 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

※ 설치비용, 기타비용, 면적비용, 내구용품비용(처음 한번 드는 비용)

※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 국소배기장치 설치 및 유지관리비용

$$= \{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\} \times [(1 - \text{국소배기장치 설치비율}(*)) \times \{\text{국소배기장치 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]$$

$$\begin{aligned}
 &= \{[(87,555,977 \times 1) + 7,200,000 + 22,221,818] + \{(3,722,050 \times 1) \times \\
 &\quad \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\} \times 15.8\%
 \end{aligned}$$

= 27,561,911 원

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 국소배기장치가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 국소배기장치 설치율을 곱하여 산정함

2) 밀폐설비 설치 및 유지관리비용(선행연구)

= $\{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\} \times [(1 - \text{밀폐설비 설치비율}(*)) \times \{\text{밀폐설비 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]$

$$= \{[(11,166,667 \times 1) + 9,500,000] + \{(833,333 \times 1) \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\} \} \times 11.3\%$$

= 3,792,310 원

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 밀폐설비가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 밀폐설비 설치율을 곱하여 산정함

3) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

= $\{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{[(\text{유지관리비} \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\}$

$$= \{(748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101\} + \{[(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\}$$

= 3,727,179 원

4) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

= $\{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}(*))\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})$

$$= \{(3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}$$

= 46,694,102 원

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

- 5) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$= \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}^*)\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\% \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\}$$

$$= 1,548,798 \text{ 원}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

6) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)
 설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

○ 시나리오#4: 사업장 노출량이 허용기준의 10% 초과~25%이하 수준인 경우

해당 사업장은 노출량이 허용기준의 25%이하 수준이기 때문에 사업장이 기울여야하는 추가적인 노력의 정도 또한 기존에 가정한 사업장의 노력의 증가정도의 25%정도임을 가정하였다. 따라서 허용기준을 초과한 사업장의 노력수준의 25%를 비용으로 가정하였다.

시나리오#4의 총비용은 4,776,617,009 원으로 나타났다.

▶ 시나리오 #4-1: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있는 사업장의 노출량이 허용기준의 10% 초과~25%이하 수준인 경우(특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장)

시나리오 #4-1에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있었기 때문에 신규로 설비를 설치하기 보다는 기존의 설비를 추가가동 혹은 효율증가를 추구할 것이라 보았다. 따라서 이에 기존 설치되어있던 장치

들에 유지관리비 만큼에 감소된 노력수준 25%를 곱한 만큼의 비용이 추가적으로 발생 할 것으로 보았다. 대상은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별 관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{국소배기장치 유지관리비} + \text{밀폐설비 유지관리비}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가정도} \times 25\% \\
 &= (3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \text{ 원}) \times 979\text{개소} \times 24.63\% \times 25\% \\
 &= 3,134,128,397 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$\begin{aligned}
 &= \{(\text{1개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}\} + \{[(\text{유지관리비} \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}\} \\
 &= \{(748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101\} + \{[(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\} \\
 &= 3,727,179 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

2) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
 &= \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}(*))\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
 &= \{(3,722,050 \times 1) \times 81.8\%\} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
 &= 46,694,102 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

3) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

= {(유지관리비 × 개수) × (밀폐설비 설치비율(*))} × 할인율이 적용된 분석기간(30년)

$$= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\% \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\}$$

= 1,548,798 원

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

4) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

▶ 시나리오#4-2: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있지 않은 사업장의 노출량이 허용기준의 10% 초과~25%이하 수준인 경우 (노출기준관리대상, 특례를 받는 관리대상유해물질 사업장)

시나리오 #4-2에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있지 않았기 때문에 신규로 설비를 설치해야 할 것이다. 따라서 시나리오 #4-1의 비용에 '국소배기장치 및 밀폐설비의 설치 및 유지관리비'가 추가로 발생하는 것으로 보았다. 대상 사업장은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질을 취급하는 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

= (국소배기장치 설치 및 유지관리비(신규) + 밀폐설비 설치 및 유지관리비(신규) + 송풍기 추가설치 및 효율증가 비용 + 추가적 국소배기장치 및 밀폐설비 유지관리비용) × 비율이 반영된 사업장수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 25%

$$\begin{aligned}
&= (27,561,911 \text{ 원} + 3,792,310 \text{ 원} + 3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \\
&\quad \text{원}) \times 320\text{개소} \times 24.63\% \times 25\% \\
&= 1,642,488,612 \text{ 원}
\end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인을 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

※ 설치비용, 기타비용, 면적비용, 내구용품비용(처음 한번 드는 비용)

※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 국소배기장치 설치 및 유지관리비용

= $\{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\} \times [(1 - \text{국소배기장치 설치비율}(*)) \times \{\text{국소배기장치 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]$

$$\begin{aligned}
&= \{[(87,555,977 \times 1) + 7,200,000 + 22,221,818] + \{(3,722,050 \times 1) \times \\
&\quad \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\} \times 15.8\% \\
&= 27,561,911 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 국소배기장치가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 국소배기장치 설치율을 곱하여 산정함

2) 밀폐설비 설치 및 유지관리비용(선행연구)

= $\{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\} \times [(1 - \text{밀폐설비 설치비율}(*)) \times \{\text{밀폐설비 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]$

$$\begin{aligned}
&= \{[(11,166,667 \times 1) + 9,500,000] + \{(833,333 \times 1) \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\} \times 11.3\% \\
&= 3,792,310 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 밀폐설비가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전

체 설치에 대한 밀폐설비 설치율을 곱하여 산정함

3) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

= {(1개당 설치비용 × 개수) + 기타비용 + 면적비용} + [{(유지관리비 × 개수) + (송풍기 효율 증가 비용 × 개수)} × 할인율이 적용된 분석기간(30년)]

$$= \{(748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101\} + \left[\frac{\{(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)\} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \right]$$

$$= 3,727,179 \text{ 원}$$

4) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

= {(유지관리비 × 개수) × (국소배기장치 설치비율(*))} × 할인율이 적용된 분석기간(30년)

$$= \{(3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\}$$

= 46,694,102 원

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

5) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

= {(유지관리비 × 개수) × (밀폐설비 설치비율(*))} × 할인율이 적용된 분석기간(30년)

$$= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\% \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\}$$

= 1,548,798 원

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

6) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

○ 시나리오#5: 사업장 노출량이 허용기준의 5% 초과~10%이하 수준인 경우

해당 사업장은 노출량이 허용기준의 10%이하 수준이기 때문에 사업장이 기울여야하는 추가적인 노력의 정도 또한 기존에 가정한 사업장의 노력의 증가정도의 10%정도임을 가정하였다. 따라서 허용기준을 초과한 사업장의 노력수준의 10%를 비용으로 가정하였다.

시나리오#5의 총비용은 1,807,875,155 원으로 나타났다.

▶ 시나리오 #5-1: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있는 사업장의 노출량이 허용기준의 5% 초과~10%이하 수준인 경우(특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장)

시나리오 #5-1에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있었기 때문에 신규로 설비를 설치하기 보다는 기존의 설비를 추가가동 혹은 효율증가를 추구할 것이라 보았다. 대상은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

= (송풍기 추가설치 및 효율증가 비용 + 국소배기장치 유지관리비 + 밀폐설비 유지관리비) × 비율이 반영된 사업장수 × 사업장의 노력의 증가정도 × 10%

= (3,727,179 원 + 46,694,102 원 + 1,548,798 원) × 926개소 × 24.63% × 10%

= 1,185,782,593 원

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$\begin{aligned}
&= \{ (1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} \} + \{ [(유지관리비 \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \} \\
&= \{ (748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101 \} + \{ [(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \} \\
&= 3,727,179 \text{ 원}
\end{aligned}$$

2) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
&= \{ (유지관리비 \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}^{(*)}) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
&= \{ (3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
&= 46,694,102 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

3) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
&= \{ (유지관리비 \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}^{(*)}) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
&= \{ (833,333 \times 1) \times 12.1\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
&= 1,548,798 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

4) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

▶ 시나리오#5-2: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있지 않은 사업장의 노출량이 허용기준의 5% 초과~10%이하 수준인 경우 (노출기준관리대상, 특례를 받는 관리대상유해물질 사업장)

시나리오 #5-2에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있지 않았기 때문에 신규로 설비를 설치해야 할 것이다. 따라서 시나리오 #5-1의 비용에 ‘국소배기장치 및 밀폐설비의 설치 및 유지관리비’가 추가로 발생하는 것으로 보았다. 대상 사업장은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질을 취급하는 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{국소배기장치 설치 및 유지관리비(신규)} + \text{밀폐설비 설치 및 유지관리비(신규)} + \text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{추가적 국소배기장치 및 밀폐설비 유지관리비용}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가 정도} \times 10\% \\
 &= (27,561,911 \text{ 원} + 3,792,310 \text{ 원} + 3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \text{ 원}) \times 303\text{개소} \times 24.63\% \times 10\% \\
 &= 622,092,562 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

※ 설치비용, 기타비용, 면적비용, 내구용품비용(처음 한번 드는 비용)

※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 국소배기장치 설치 및 유지관리비용

= $\{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\} \times [(1 - \text{국소배기장치 설치비율}(*)) \times \{\text{국소배기장치 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]$

$$\begin{aligned}
 &= [(87,555,977 \times 1) + 7,200,000 + 22,221,818] + \{(3,722,050 \times 1) \times \\
 &\quad \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\} \times 15.8\%
 \end{aligned}$$

= 27,561,911 원

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 국소배기장치가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 국소배기장치 설치율을 곱하여 산정함

2) 밀폐설비 설치 및 유지관리비용(선행연구)

= {(1개당 설치비용 × 개수) + 기타비용 + 면적비용} + {(유지관리비 × 개수) × 할인율이 적용된 분석기간(30년)} × [(1 - 밀폐설비 설치비율(*)) × {밀폐설비 설치/(국소배기장치+밀폐설비 설치)}]

$$= \{[(11,166,667 \times 1) + 9,500,000] + \{(833,333 \times 1) \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\}\} \times 11.3\%$$

= 3,792,310 원

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 밀폐설비가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 밀폐설비 설치율을 곱하여 산정함

3) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

= {(1개당 설치비용 × 개수) + 기타비용 + 면적비용} + [{(유지관리비 × 개수) + (송풍기 효율 증가 비용 × 개수)} × 할인율이 적용된 분석기간(30년)]

$$= \{(748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101\} + \{[(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\}$$

= 3,727,179 원

4) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

= {(유지관리비 × 개수) × (국소배기장치 설치비율(*))} × 할인율이 적용된 분석기간(30년)

$$= \{(3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}$$

= 46,694,102 원

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

5) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

= {(유지관리비 × 개수) × (밀폐설비 설치비율(*))} × 할인율이 적용된 분석기간(30년)

$$= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\% \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\}$$

= 1,548,798 원

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

6) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

○ 시나리오#6: 사업장 노출량이 허용기준의 2.5% 초과~5%이하 수준인 경우

해당 사업장은 노출량이 허용기준의 5%이하 수준이기 때문에 사업장이 기울여야하는 추가적인 노력의 정도 또한 사업장의 노력의 증가정도의 5%정도임을 가정하였다. 따라서 허용기준을 초과한 사업장의 노력수준의 5%를 비용으로 가정하였다.

시나리오#6의 총비용은 807,700,939 원으로 나타났다

▶ 시나리오 #6-1: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있는 사업장의 노출량이 허용기준의 2.5% 초과~5%이하 수준인 경우(특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장)

시나리오 #6-1에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있었기 때문에 신규로 설비를 설치하기 보다는 기존의 설비를 추가가동

혹은 효율증가를 추구할 것이라 보았다. 대상은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{국소배기장치 유지관리비} + \text{밀폐설비 유지관리비}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가정도} \times 5\% \\
 &= (3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \text{ 원}) \times 827\text{개소} \times 24.63\% \times 5\% \\
 &= 529,504,430\text{원}
 \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$\begin{aligned}
 &= \{ (1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} \} + \{ [(유지관리비 \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \} \\
 &= \{ (748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101 \} + \{ [(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \} \\
 &= 3,727,179 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

2) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
 &= \{ (유지관리비 \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}(*)) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
 &= \{ (3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
 &= 46,694,102 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

3) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$= \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}(*))\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\% \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\}$$

$$= 1,548,798 \text{ 원}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

4) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

▶ 시나리오#6-2: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있지 않은 사업장의 노출량이 허용기준의 2.5% 초과~5%이하 수준인 경우 (노출기준관리대상, 특례를 받는 관리대상유해물질 사업장)

시나리오 #6-2에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있지 않았기 때문에 신규로 설비를 설치해야 할 것이다. 따라서 시나리오 #6-1의 비용에 '국소배기장치 및 밀폐설비의 설치 및 유지관리비'가 추가로 발생하는 것으로 보았다. 대상 사업장은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질을 취급하는 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$= (\text{국소배기장치 설치 및 유지관리비(신규)} + \text{밀폐설비 설치 및 유지관리비(신규)} + \text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{추가적 국소배기장치 및 밀폐설비 유지관리비용}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가정도} \times 5\%$$

$$= (27,561,911 \text{ 원} + 3,792,310 \text{ 원} + 3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798$$

$$\begin{aligned} & \text{원}) \times 271\text{개소} \times 24.63\% \times 5\% \\ & = 278,196,509 \text{ 원} \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

- ※ 설치비용, 기타비용, 면적비용, 내구용품비용(처음 한번 드는 비용)
- ※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 국소배기장치 설치 및 유지관리비용

$$= \left[\left\{ (1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} \right\} + \left\{ (\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년}) \right\} \right] \times \left[(1 - \text{국소배기장치 설치비율}(*)) \times \{ \text{국소배기장치 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치}) \} \right]$$

$$= \left[\left\{ (87,555,977 \times 1) + 7,200,000 + 22,221,818 \right\} + \left\{ (3,722,050 \times 1) \times \frac{1 - \left(\frac{1}{1 + 0.055} \right)^{30}}{1 - \left(\frac{1}{1 + 0.055} \right)} \right\} \right] \times 15.8\%$$

$$= 27,561,911 \text{ 원}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 국소배기장치가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 국소배기장치 설치율을 곱하여 산정함

2) 밀폐설비 설치 및 유지관리비용(선행연구)

$$= \left[\left\{ (1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} \right\} + \left\{ (\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년}) \right\} \right] \times \left[(1 - \text{밀폐설비 설치비율}(*)) \times \{ \text{밀폐설비 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치}) \} \right]$$

$$= \left[\left\{ (11,166,667 \times 1) + 9,500,000 \right\} + \left\{ (833,333 \times 1) \times \frac{1 - \left(\frac{1}{1 + 0.055} \right)^{30}}{1 - \left(\frac{1}{1 + 0.055} \right)} \right\} \right] \times 11.3\%$$

$$= 3,792,310 \text{ 원}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

* 비용이 추가로 부과되어야 하는 밀폐설비가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 밀폐설비 설치율을 곱하여 산정함

3) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$\begin{aligned}
&= \{ (1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} \} + \{ [(유지관리비 \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \} \\
&= \{ (748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101 \} + \{ [(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \\
&\quad \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \} \\
&= 3,727,179 \text{ 원}
\end{aligned}$$

4) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
&= \{ (유지관리비 \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}^{*}) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
&= \{ (3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
&= 46,694,102 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

5) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$\begin{aligned}
&= \{ (유지관리비 \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}^{*}) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
&= \{ (833,333 \times 1) \times 12.1\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})} \\
&= 1,548,798 \text{ 원}
\end{aligned}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

6) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

○ 시나리오#7: 사업장 노출량이 허용기준의 2.5% 이하 수준인 경우

해당 사업장은 노출량이 허용기준의 2.5%이하 수준이기 때문에 사업장이 기

울여야하는 추가적인 노력의 정도 또한 사업장의 노력의 증가정도의 2.5%정도 임을 가정하였다.

시나리오#7의 총비용은 1,600,471,888 원으로 나타났다.

▶ 시나리오 #7-1: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있는 사업장의 노출량이 허용기준의 2.5%이하 수준인 경우(특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장)

시나리오 #7-1에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설치되어 있었기 때문에 신규로 설비를 설치하기 보다는 기존의 설비를 추가가동 혹은 효율증가를 추구할 것이라 보았다. 대상은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{국소배기장치 유지관리비} + \text{밀폐설비 유지관리비}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가정도} \times 2.5\% \\
 &= (3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \text{ 원}) \times 3,279\text{개소} \times 24.63\% \times 2.5\% \\
 &= 1,049,724,925 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)
 - ※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

- 1) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$= \{ (1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} \} + [(\text{유지관리비} \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{ (748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101 \} + \{ (43,809 \times 1) + (748,000 \times 1) \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}$$

$$= 3,727,179 \text{ 원}$$

2) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$= \{ (\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}(*)) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{ (3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}$$

$$= 46,694,102 \text{ 원}$$

* '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

3) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$= \{ (\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}(*)) \} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{ (833,333 \times 1) \times 12.1\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}$$

$$= 1,548,798 \text{ 원}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

4) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

▶ 시나리오#7-2: 국소배기장치 및 밀폐설비 설치가 되어있지 않은 사업장의 노출량이 허용기준의 2.5% 이하 수준인 경우 (노출기준관리대상, 특별을 받는 관리대상유해물질 사업장)

시나리오 #7-2에 해당하는 사업장은 기존에 국소배기장치 및 밀폐설비가 설

치되어 있지 않았기 때문에 신규로 설비를 설치해야 할 것이다. 따라서 시나리오 #7-1의 비용에 ‘국소배기장치 및 밀폐설비의 설치 및 유지관리비’가 추가로 발생하는 것으로 보았다. 대상 사업장은 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질, 특별관리 물질, 허가대상 유해물질을 취급하는 사업장이다.

◆ 총비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{국소배기장치 설치 및 유지관리비(신규)} + \text{밀폐설비 설치 및 유지관리비(신규)} + \text{송풍기 추가설치 및 효율증가 비용} + \text{추가적 국소배기장치 및 밀폐설비 유지관리비용}) \times \text{비율이 반영된 사업장수} \times \text{사업장의 노력의 증가정도} \times 2.5\% \\
 &= (27,561,911 \text{ 원} + 3,792,310 \text{ 원} + 3,727,179 \text{ 원} + 46,694,102 \text{ 원} + 1,548,798 \text{ 원}) \times 1,073\text{개소} \times 24.63\% \times 2.5\% \\
 &= 550,746,963 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

<비용 산출근거>

1. 관리 및 조치비용(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

※ 설치비용, 기타비용, 면적비용, 내구용품비용(처음 한번 드는 비용)

※ 유지관리비용, 소모품비용(매년 드는 비용)

1) 국소배기장치 설치 및 유지관리비용

$$= \{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\} \times [(1 - \text{국소배기장치 설치비율}(*)) \times \{\text{국소배기장치 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]$$

$$\begin{aligned}
 &= \{[(87,555,977 \times 1) + 7,200,000 + 22,221,818] + \{(3,722,050 \times 1) \times \\
 &\quad \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}\} \times 15.8\% \\
 &= 27,561,911 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

* ‘국소배기장치 설치비율’은 ‘국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐

설비 중 택1)'를 의미함

- * 비용이 추가로 부과되어야 하는 국소배기장치가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 국소배기장치 설치율을 곱하여 산정함

2) 밀폐설비 설치 및 유지관리비용(선행연구)

$$= \{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\} \times [(1 - \text{밀폐설비 설치비율}(*)) \times \{\text{밀폐설비 설치}/(\text{국소배기장치} + \text{밀폐설비 설치})\}]$$

$$= \{[(11,166,667 \times 1) + 9,500,000] + \{(833,333 \times 1) \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\} \} \times 11.3\%$$

$$= 3,792,310 \text{ 원}$$

- * '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

- * 비용이 추가로 부과되어야 하는 밀폐설비가 설치되어있지 않은 사업장에 대하여 전체 설치에 대한 밀폐설비 설치율을 곱하여 산정함

3) 송풍기 추가 설치비용 및 송풍기 효율 증가 비용

$$= \{[(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용}] + \{[(\text{유지관리비} \times \text{개수}) + (\text{송풍기 효율 증가 비용} \times \text{개수})] \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\}$$

$$= \{(748,000 \times 1) + 30,755 + 413,101\} + \{[(43,809 \times 1) + (748,000 \times 1)] \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}\}$$

$$= 3,727,179 \text{ 원}$$

4) 추가적 국소배기장치 유지관리비용(선행연구)

$$= \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{국소배기장치 설치비율}(*))\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})$$

$$= \{(3,722,050 \times 1) \times 81.8\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1+0.055})}$$

$$= 46,694,102 \text{ 원}$$

- * '국소배기장치 설치비율'은 '국소배기장치 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

5) 추가적 밀폐설비 유지관리비용(선행연구)

$$= \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times (\text{밀폐설비 설치비율}(*))\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)}$$

$$= \{(833,333 \times 1) \times 12.1\% \} \times \frac{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})^{30}}{1 - (\frac{1}{1 + 0.055})}$$

$$= 1,548,798 \text{ 원}$$

* '밀폐설비 설치비율'은 '밀폐설비 설치갯수/전체 업체갯수(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1)'를 의미함

6) 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

○ 시나리오#8 노출수준이 0인 경우

해당경우는 사업장이 취해야 할 추가적인 조치가 필요하지 않다고 보았다. 이에 사업장이 부담할 비용은 없는 것으로 가정하였다. 노출수준이 0인 경우는 작업환경측정량이 검출한계 미만인 경우와 trace인 경우를 포함한다.

(3) 할인율별 총 비용

▶ 할인율 5.5%

할인율 5.5%를 적용한 30년 기준 시나리오별 비용은 다음과 같다.

<표 IV-2> 할인율 5.5% 적용 30년 기준 시나리오별 비용

사업장 노출량	유해물질의 관리수준 다양성	특례받지않는 관리대상 유해물질	특별 관리 물질	허가대상 유해물질	노출기준 관리대상	특례를 받는 관리대상 유해물질
		(1)국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 대상			(2)국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 비대상	
	시나리오#1 허용기준 초과	₩ 140,859,703			₩ 61,593,323	
	시나리오#2 허용기준 50% 초과 ~100%이하	₩ 1,075,655,916			₩ 554,339,906	
	시나리오#3 허용기준 25% 초과 ~50% 이하	₩ 3,066,899,903			₩ 1,611,691,950	
	시나리오#4 허용기준 10% 초과 ~25% 이하	₩ 3,134,128,397			₩ 1,642,488,612	
	시나리오#5 허용기준 5%초과 ~10% 이하	₩ 1,185,782,593			₩ 622,092,562	
	시나리오#6 허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	₩ 529,504,430			₩ 278,196,509	
	시나리오#7 허용기준 ~2.5% 이하	₩ 1,049,724,925			₩ 550,746,963	
	시나리오#8 노출량0	₩0				
	합계	₩15,503,705,691				

할인율 5.5%를 적용한 영구기간 동안의 시나리오별 비용은 다음과 같다.

<표 IV-3> 할인율 5.5% 적용 영구 기준 시나리오별 비용

유해물질의 관리수준 다양성 사업장 노출량	특례받지않는 관리대상 유해물질	특별 관리 물질	허가대상 유해물질	노출기준 관리대상	특례를 받는 관리대상 유해물질
	(1)국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 대상			(2)국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 비대상	
시나리오#1 허용기준 초과	₩ 174,594,777			₩ 72,739,499	
시나리오#2 허용기준 50% 초과 ~100%이하	₩ 1,333,269,206			₩ 654,655,490	
시나리오#3 허용기준 25% 초과 ~50% 이하	₩ 3,801,404,463			₩ 1,903,350,221	
시나리오#4 허용기준 10% 초과 ~25% 이하	₩ 3,884,733,788			₩ 1,939,719,971	
시나리오#5 허용기준 5%초과 ~10% 이하	₩ 1,469,770,577			₩ 734,668,939	
시나리오#6 허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	₩ 656,317,639			₩ 328,540,070	
시나리오#7 허용기준 ~2.5% 이하	₩ 1,301,127,895			₩ 650,412,353	
시나리오#8 노출량0	₩ 0				
합계	₩ 18,905,304,887				

▶ 할인율 3%

할인율 3%를 적용한 30년 기준 시나리오별 비용은 다음과 같다.

<표 IV-4> 할인율 3% 적용 30년 기준 시나리오별 비용

유해물질의 관리수준 다양성 사업장 노출량	특례받지않는 관리대상 유해물질	특별 관리 물질	허가대상 유해물질	노출기준 관리대상	특례를 받는 관리대상 유해물질
	(1)국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 대상			(2)국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 비대상	
시나리오#1 허용기준 초과	₩ 183,418,225			₩ 75,654,794	
시나리오#2 허용기준 50% 초과 ~100%이하	₩ 1,400,648,261			₩ 680,893,148	
시나리오#3 허용기준 25% 초과 ~50% 이하	₩ 3,993,514,983			₩ 1,979,633,781	
시나리오#4 허용기준 10% 초과 ~25% 이하	₩ 4,081,055,500			₩ 2,017,461,178	
시나리오#5 허용기준 5%초과 ~10% 이하	₩ 1,544,047,964			₩ 764,113,421	
시나리오#6 허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	₩ 689,485,781			₩ 341,707,487	
시나리오#7 허용기준 ~2.5% 이하	₩ 1,366,882,634			₩ 676,479,951	
시나리오#8 노출량0	₩ 0				
합계	₩ 19,794,997,108				

할인율 3%를 적용한 영구 기간 동안 시나리오별 비용은 다음과 같다.

<표 IV-5> 할인율 3% 적용 영구 기준 시나리오별 비용

유해물질의 관리수준 다양성 사업장 노출량	특례받지않는 관리대상 유해물질	특별 관리 물질	허가대상 유해물질	노출기준 관리대상	특례를 받는 관리대상 유해물질
	(1)국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 대상			(2)국소배기장치 및 밀폐설비 설치의무 비대상	
시나리오#1 허용기준 초과	₩ 307,402,016			₩ 116,619,434	
시나리오#2 허용기준 50% 초과 ~100%이하	₩ 2,347,433,574			₩ 1,049,574,908	
시나리오#3 허용기준 25% 초과 ~50% 이하	₩ 6,692,980,251			₩ 3,051,541,861	
시나리오#4 허용기준 10% 초과 ~25% 이하	₩ 6,839,694,849			₩ 3,109,851,578	
시나리오#5 허용기준 5%초과 ~10% 이하	₩ 2,587,766,059			₩ 1,177,856,285	
시나리오#6 허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	₩ 1,155,552,123			₩ 526,731,111	
시나리오#7 허용기준 ~2.5% 이하	₩ 2,290,843,658			₩ 1,042,772,107	
시나리오#8 노출량0	₩ 0				
합계	₩ 32,296,619,814				

2) 편익의 평가 및 측정

(1) 편익의 평가

본 연구의 대상이 되는 26종의 화학물질들은 급성독성, 생식세포 변이원성, 발암성 등 중대한 건강장해를 유발하고, 화재·폭발·누출로 인한 사고의 위험성이 높기 때문에, 산업안전보건법상 허가대상물질·특별관리물질·관리대상유해물질로 지정되어 관리되고 있다. 그런데 화학물질의 허용기준 설정 및 강화는 화학물질을 사용하는 사업주로 하여금 사업장에서의 화학물질의 관리수준을 추가적으로 향상시키도록 유도한다. 2014년도 연구⁴⁾에 따르면 허용기준을 설정·강화하게 될 경우, 화학물질을 사용하는 사업장은 강화된 기준을 준수하기 위하여 국소배기장치의 추가 설치 등의 노력을 투입하는 것으로 나타났다. 이러한 화학물질에 대한 관리수준의 향상은 화학물질로 인해 발생할 수 있는 건강상의 장애나 화재·폭발·누출로 인한 사고를 예방·감소시키는 효과가 있다.

따라서 26종 화학물질의 허용기준 설정 및 강화로 인한 편익은 화학물질의 관리수준 변경에 따른 직업병 감소 및 기타 안전사고 감소 등의 경제·사회적 효과를 의미한다.

화학물질의 관리수준 변경으로 인한 편익의 항목은 다음과 같다.

- 직업병 감소 및 시너지효과
- 화재, 폭발, 누출 등 사고 감소 및 시너지효과
 - 2차 누출 감소 및 시너지효과
 - 화재, 폭발, 누출 등 사고 감소 및 시너지효과

편익의 측정은 2016년도 산업재해 보상금액을 기초로 하며, 각 항목별 편익의 측정과정은 다음과 같다.

4) 김기연 외(2014), 허용기준 설정대상 유해인자의 허용기준 개정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구, 산업안전보건연구원.

▶ 직업병 감소 및 시너지효과

$$\frac{2014\text{년 전체 산업재해보상금액} \times \frac{2014\text{년 직업병 관련 재해자수(명)}}{2014\text{년 전체 재해자수(명)}} \times \frac{\text{규제 대상 화학물질수(26종)}}{\text{현재까지 발생된 직업병 관련 화학물질수(255종)}}$$

▶ 화재, 폭발, 누출 등 사고 감소 및 시너지효과

$$\frac{2014\text{년 전체 산업재해보상금액} \times \frac{2014\text{년 화재/폭발/누출사고 관련 재해자수(명)}}{2014\text{년 전체 재해자수(명)}} \times \frac{\text{규제 대상 화학물질수(26종)}}{\text{현재까지 발생된 폭발사고 관련 화학물질수(630종)}}$$

전체 대상 화학물 중 직업병 및 화재·폭발 위험이 있는 물질은 다음과 같다.

<표 IV-6> 화재위험성 정도

수치	설명
4	대기압, 상온에서 연소하기 쉬운 물질 평상적인 대기환경에서도 즉시 혹은 완전히 증발하거나 공기와 잘 혼합되어 쉽게 타버리는 물질 인화점이 22.8°C보다 아래인 물질
3	일반의 온도 조건 하에서 용이하게 발화하는 물질 일반적인 대기환경에서 연소할 수 있는 액체/ 고체류 인화점이 22.8°C 이상이고 37.8°C이하인 물질
2	비교적 높은 온도까지 가열하여 발화하는 물질 상대적으로 높은 대기온도거나 지속해서 가열해야 발화함 인화점이 37.8°C 이상이고 93.3°C이하인 물질
1	예열하여야만 발화하는 물질 높은 온도로 가열해야 발화함 인화점이 93.3°C 이상인 물질
0	타지 않는 물질

<표 IV-7> 26종 화학물의 건강장애 및 화재 및 폭발 위험성

No.	물질명	CAS 번호	건강장애	화재 위험성 정도*	폭발 여부
1	삼수소화비소	7784-42-1	발암성1A	4	O
2	암모니아	7664-41-7	생식세포 변이원성 2	1	O
3	메틸렌디(비스)페닐디 이소시아네이트	101-68-8	발암성2	0	X
4	염소	7782-50-5	-	1	O
5	브롬화메틸	74-83-9	생식세포 변이원성 2	1	O
6	수산화나트륨	1310-73-2	-	0	X
7	산화에틸렌	75-21-8	발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B	4	O
8	염화비닐	75-01-4	발암성 1A	4	X
9	황산	7664-93-9	발암성 1A(강산 Mist에 한정함)	0	X
10	1,3-부타디엔	106-99-0	발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B	4	O
11	1,2-디클로로프로판	78-87-5	발암성1A	3	X
12	톨루엔	108-88-3	생식독성 2	3	O
13	수은	7439-97-6	생식독성 1B	0	X
14	휘발성 콜타르피치	65996-93-2	발암성 1A	0	X
15	일산화탄소	630-08-0	생식독성 1A	4	O
16	베릴륨 및 그 화합물	7440-41-7	발암성 1A	1	X
17	니켈카보닐	13463-39-3	발암성 1A, 생식독성 1B	3	X
18	아크릴로니트릴	107-13-1	발암성 1B	1	X
19	스티렌	100-42-5	발암성 2	1	X
20	메틸알코올	67-56-1	생식독성 1B	1	X
21	망간 및 그 무기화합물	7439-96-5	생식독성 1B	0	X
22	아닐린과아닐린 동족체	62-53-3	발암성 2, 생식세포 변이원성 2	2	X
23	시클로헥사논	108-94-1	발암성 2	2	X
24	코발트 및 그 무기화합물	7440-48-4	발암성 2	0	X
25	디클로로메탄	75-09-2	발암성2	1	X
26	트리클로로메탄(클로 로포름)	67-66-3	발암성 2	0	X

(2) 델파이조사: 경제사회적 편익의 측정

산업안전보건 분야 전문가를 대상으로 하여 델파이 기법을 통해 관리수준 변경에 따른 경제사회적 편익을 측정한다. 델파이 조사대상은 화학물질평가 실무위원(17명) 및 전국기업체산업보건협의회 임원진(27명)을 모집단으로 하여 이메일 설문조사를 실시하였다. 이중 설문에 응답한 11명을 대상으로 눈덩이 표집 방법을 활용하여 추가적인 전문가명단(8명)을 확보하고 이중 2명이 설문에 응답하였다. 결과적으로 전체 52명을 모집단으로 한 설문조사에 총 13명의 전문가의 응답하여, 응답률은 25%로 나타났다. 설문지에 응답한 전문가들은 노사단체 전문가(3명) (노동(2명)/산업(1명)), 산업의학 및 산업보건 전문가(9명), 정책 전문가(1명)로 구성되었다.

델파이 설문문항은 크게 26종의 화학물질 관리수준의 변경으로 인한 경제사회적인 편익(‘직업병 감소’, ‘사업장 직업병 감소 시너지효과’, ‘2차 노출 감소’, ‘2차 노출관련 시너지효과’, ‘일반 산업재해, 폭발, 누출 감소효과’, ‘일반 산업재해, 폭발, 누출 시너지효과’)를 묻는 문항과, 해당규제로 인해 사업장에 발생하는 추가적인 부담정도에 대해 묻는 문항으로 구성하였다.

델파이 설문조사를 통해 관리수준 변경에 따른 경제사회적 편익 항목들의 상대적인 효과를 확인할 수 있으며, 각 물질별 경제사회적 편익의 차별성을 확인할 수 있다.

(3) 편익의 측정

▶ 직업병 감소 및 시너지 효과

직업병 감소 효과는 화학물질의 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 26종의 화학물질을 취급하는 근로자의 작업환경 및 작업여건의 개선을 통하여, 근로자들의 직업에 의해 발생할 수 있는 질병의 감소효과를 의미한다. 직업병은 1)

근골격계질환, 소음성 난청, 복사열 등 물리적 원인, 2) 중금속 중독, 유기용제 중독, 진폐증 등 화학적 원인, 3) 세균 공기 오염 등 생물학적 원인, 4) 스트레스, 과로 등 정신적 원인으로 발생할 수 있다.

사업주는 화학물질의 노출기준을 지킴으로써 사업장의 작업환경 향상 등이 직업병 감소에 기여할 것으로 예상된다. 또한 해당되는 26종 화학물질 이외에도 동 사업장에서 함께 취급하고 있는 다른 화학물질을 함께 취급하는 근로자들이 작업환경 및 작업여건이 개선됨에 따라 직업병 감소 시너지효과가 기대된다.

다만, 허용기준 설정 규제의 경우 기존의 관리수준 변경 규제와는 달리 구체적인 관리 및 조치 의무를 부과하고 있지 않고 허용기준 이하로 준수할 의무만을 규정하고 있다. 따라서 관리 및 조치 수준의 강화로 인해 발생하는 편익과는 달리 허용기준 이하로 유지하기 위한 노력이 발생시키는 편익의 수준을 추가적으로 측정할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 앞서 언급했듯 전문가를 대상으로 한 델파이 설문을 통해 사업장에서 화학물질의 노출수준을 허용기준 이하로 준수하려는 노력이 발생시키는 편익의 정도를 측정하였다.

직업병 감소 및 시너지효과는 관리수준 변경으로 인한 직업병 감소의 정도로 평가할 수 있다. 이 편익은 30년, 영구적 기간 동안의 규제대상 화학물질 26종으로 인한 산재보상 손실비용과 그로 인한 간접비용에 직업병 감소율을 반영하여 계산한다.

허용기준설정 규제로 인한 직업병 감소 및 시너지효과의 총 편익은 199,109,895,086 원 으로 계산되었다.

◆ 총편익(할인율 5.5% 적용, 30년 기준 비용)

$$= [(규제대상 화학물질수 \times \text{연간 화학물질 1종당 직업병 및 관련 질병발생 보상비용} \times \text{직업병 감소율}(\%) \times \text{허용기준 준수 노력으로 인한 추}$$

$$\begin{aligned}
& \text{가적인 직업병 감소 편익의 효과(\%)} + (\text{국내/외 직업병 발생 화학물} \\
& \text{질수} - \text{규제대상 화학물질수}) \times \text{연간 화학물질 1종당 직업병 및 관련} \\
& \text{질병발생 보상비용} \times \text{직업병 감소 시너지효과(\%)} \times \text{허용기준 준수 노} \\
& \text{력으로 인한 추가적인 직업병 감소 시너지 편익의 효과(\%)}] \times \text{준수율} \\
& \times \text{할인율이 적용된 분석기간(30년)} \\
& = [(26\text{종} \times 1,746,273,654\text{원} \times 39\% \times 29\%) + \{(255 - 26)\text{종} \times \\
& 1,746,273,654\text{원} \times 35\% \times 34\%\}] \times 24.63\% \times \text{할인율이 적용된 분석기} \\
& \text{간(30년)} \\
& = 199,109,895,086\text{원}
\end{aligned}$$

보다 구체적인 편익산출근거는 아래와 같다.

<직업병 감소에 의한 편익 산출근거>

1. 연간 화학물질 1종에 의한 직업병 및 관련 질병발생 손실비용:

(1,746,273,654 원)

자료 : 고용노동부(2014), 산업재해현황분석

■ 연간 화학물질 1종으로 인한 직업병 및 관련 질병발생 손실비용

= (연간 산재보상보험 지급에 따른 직/간접 손실비용 + 연간 질병으로 인한 근로손실의 경제적손실비용) ÷ 국내/외 직업병 발생 화학물질수

= {(327,612,777,778 + 117,687,004,070) * (1517 ÷ 90,909)} ÷ (79 + 176)

= 1,746,273,654원

구분	금액
연간 화학물질로 인한 총 손실비용	₩445,299,781,848
연간 화학물질로 인한 총 직업병 및 관련 질병 발생 손실비용*	₩327,612,777,778
연간 화학물질로 인한 직업병 및 관련 질병의 산재보상보험 지급액(직접손실비용)	₩65,522,555,556
연간 화학물질로 인한 직업병 및 관련 질병의 산재보상보험 간접손실비용**	₩262,090,222,222

연간 화학물질로 인한 직업병 및 관련 질병의
근로손실로 인한 경제적 손실추정액

₩117,687,004,070

* 화학물질로 인한 산재보상보험 지급액(직접손실비용)은 연간 산재보상보험 지급액에 연간 전체 재해자 중 화학물질로 인한 직업병 관련 질병자수 비율(%)을 곱하여 산정

** 간접손실비용은 하인리히 계산법에 따라 산재보상보험 지급액(직접손실비용)의 4배로 산정함.

2. 직업병 및 업무상 질병 발생자 현황

<2014년 직업병 발생자 현황>

(단위:명)

구분	계	직업병					
		진폐	난청	금속 및 중금속 중독	유기화 합물중 독	기타 화학 물질 중독	기타
2013	1,414	816	259	2	4	29	304
2014	1,732	1,019	278	0	8	46	381
증감	318	203	19	-2	4	17	77

※ 직업병 기타: 물리적 인자, 이상기압, 진동장애, 직업성 암, 직업성 피부질환 등임

<2014년 직업관련성질병 발생자 현황>

(단위:명)

구분	계	작업관련성 질병			
		뇌·심혈관 질환	신체 부담 작업	요통	기타
2013	6,213	684	1,622	3,696	211
2014	5,946	676	1,853	3,204	213
증감	-267	-8	231	-492	2

※ 작업관련성 질병: 간질환, 정신질환 등임

<2014 업무상 질병 종류별 조사, 분석대상자 현황>

(단위:명)

구 분		발생자수	조사대상	분석대상	조사방법
업 무 상 질 병	계	5,730	3,719	3,712	
	근골격계질환(요부 외)	1,738	1,738	1,725	전수조사
	근골격계질환(요부)	2,873	862	869	표본조사 (약 30%)
	뇌혈관질환	270	270	267	전수조사
	심혈관질환	85	85	87	전수조사
	기타 작업관련성질환	55	55	55	전수조사
	유해인자노출질환	709	709	709	전수조사

- 전체 산업재해자 수인 90,909명 중 화학물질로 인한 직업병 및 질병 발생자 수 는 1,517명으로 약 1.67%에 해당함.

- 화학물질로 인한 직업병 및 질병 발생자는 모두 전수조사를 하였기에 유해인자별 화학적 인자(439명), 뇌혈관질환 중 화학물질 제조 관련 질병자 4명 및 심혈관질환 중 화학 물질 제조 관련 질병자 1명, 총 444명이다. 전체 발생자수인 5,730명에서의 비율로 산정 (674명)

- 연간 화학물질 1은 종으로 인한 직업병 및 관련 질병발생 손실비용전체 산재보험 지급액인 3,926,559,000,000원에 위 비율을 곱하여 산정

3. 직업병 감소율 :

- 39% : 국소배기장치 및 밀폐설비가 없었던 사업장에서 새로 국소배기장치 및 밀폐설비를 설치하였을 경우 증가하는 직업병 감소율(김태윤, 이은정, 김주찬, 2014)
- 29% : 분야별 전문가 13인을 대상으로 한 설문조사 결과, 본 규제로 인해 27%의 직업병 감소효과가 존재한다고 응답하였음

4. 직업병 감소 시너지효과 :

- 35%: 국소배기장치 및 밀폐설비가 없었던 사업장에서 새로 국소배기장치 및 밀폐설비를 설치하였을 경우 증가하는 직업병 감소 시너지효과율(김태윤, 이은정, 김주찬, 2014)
- 34%: 분야별 전문가 13인을 대상으로 한 설문조사 결과, 본 규제로 인해 31%의 직업병 감소 시너지효과가 존재한다고 응답하였음

5. 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

▶ 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과

화재·폭발·누출 등 사고 감소효과는 화학물질의 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 26종의 화학물질로 인해 발생할 수 있는 사고를 예방함으로써 사고로 인한 인명 피해, 재산 피해, 환경오염 등을 감소시키는 것을 의미한다.

안전보건공단의 조사⁵⁾에 따르면 2010년부터 2016년 2월까지 발생한 화학사고 100건 중 26건의 기타화학사고는 설비유지관리 미흡으로 발생하였다. 밀폐설비의 설치와 그로 인한 화학물질 누출 예방 및 근로자의 안전의식고취 등이 작업환경과 작업여건을 개선하면서 화재·폭발·누출로 인한 사고를 감소시키거나 예방할 것으로 예상된다.

해당되는 26종 화학물질 이외에도 동 사업장에서 함께 취급하고 있는 다른 화학물질을 함께 취급하는 근로자들이 작업환경 및 작업여건이 개선됨에 따라 화재·폭발·누출사고 감소 시너지효과가 기대된다.

폭발·화재·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과는 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 26종 화학물질로 인해 발생할 수 있는 사고를 예방함으로써 사고로 인한 피해의 감소 정도로 평가할 수 있다.

이 편익은 30년, 영구적 기간 동안의 26종과 그 외 화학물질이 원인이 된 폭발·화재·누출 등의 사고로 인한 피해의 감소의 합으로 나타난다.

본 피해의 감소는 30년, 영구적 기간 동안 사업체에서 사용, 제조 및 취급 중인 화학물질 26종에 대한 화학물질로 인한 산업재해 손실비용에 화재·폭발·누출사고 감소율을 반영하여 계산한다.

본 규제로 인한 화재·폭발·누출의 편익은 56,491,579,513원 + α 원으로 계산되었다.

5) 화학물질 취급사업장의 화재·폭발·누출 사고 예방 길잡이, 2016.3

◆ 총편익

$$\begin{aligned}
&= \{ \text{규제대상 화학물질수} \times \text{연간 화학물질 1종당 화재/폭발/누출 사고 보상비용} \times \text{화재/폭발/누출사고 감소율}(\%) \times \text{허용기준 준수 노력으로 인한 추가적인 화재/폭발/누출 사고 감소 편익의 효과}(\%) \} + \{ (\text{사업체 사용 유해 화학물질수} - \text{규제대상 화학물질수}) \times \text{연간 화학물질 1종당 화재/폭발/누출 사고 보상비용} \times \text{화재/폭발/누출사고 감소 시너지효과}(\%) \times \text{허용기준 준수 노력으로 인한 추가적인 화재/폭발/누출 사고 감소 시너지 편익의 효과}(\%) \} \times \text{준수율} \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년}) \\
&= [(26\text{종} \times 418,907,547 \text{ 원} \times 24\% \times 20\%) + \{(679 - 26)\text{종} \times 418,907,547 \text{ 원} \times 22\% \times 25\%}] \times 24.63\% \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년}) \\
&= 56,491,579,513 \text{ 원}
\end{aligned}$$

보다 구체적인 편익산출근거는 아래의 표와 같다.

<화재,폭발,누출 사고감소에 의한 편익 산출근거>

1. 연간 화학물질로 인한 사고자수 : 8,624명

자료 : 한국산업안전공단(2014), 2014년 산업재해원인조사(업무상사고)

2. 연간 화학물질1종당 사고의 피해비용

[418,907,547](원)

자료 : 한국산업안전공단(2014), 2014년 산업재해원인조사(업무상사고)

■ 연간 화학물질1종당 사고의 피해비용 :

$$\begin{aligned}
&= \{ (\text{연간 산재보상보험 지급에 따른 직/간접 손실비용} + \text{연간 사고로 인한 근로손실의 경제적손실비용}) \times (\text{화학물질로 인한 사고 발생자수/전체 재해자수}) \} / \text{사업체에서 사용, 제조 및 취급 중인 유해 화학물질수} \\
&= \{ (40,211,930,931 + 160,847,723,724 + 83,378,569,620) \times (8,624 \div 90,909) \} / 679\text{종} \\
&= 418,907,547\text{원}
\end{aligned}$$

구분	금액
연간 화학물질로 인한 총 손실비용	₩ 284,438,224,275
연간 화학물질로 인한 사고의 산재보상보험 지급액 (직접손실비용)	₩ 40,211,930,931
연간 화학물질로 인한 사고의 산재보상보험 간접손 실비용**	₩ 160,847,723,724
연간 화학물질로 인한 사고의 근로손실로 인한 경 제적 손실추정액	₩ 83,378,569,620

* 간접손실비용은 하인리히 계산법에 따라 산재보상보험 지급액(직접손실비용)의 4배로 산정함.

3. 화재/폭발/누출로 인한 업무상 사고자 비율

<업무상 사고 조사, 분석대상자 현황>

(단위:명)

구 분	모집단	조사계획	조사결과	조사방법
업무상 사고	부상자	77,922	7,790	표본조사 (약10%)
	사망자	827	829	전수조사
	합계	78,749	8,617	-

<업무상 사고에 의한 사망 및 부상현황>

(단위:명)

	사망	부상
전체	827	77,922
유해·위험물질에 노출·접촉	49	279
화재·폭발	34	569
화재, 폭발, 누출 비율	10.0%	1.1%

- 부상자수인 77,922명 중 화학물질로 인한 사고의 사망 및 부상자의 비율은 각각 10.0%, 1.1%로써 총 931명임.

전체 산재보험 지급액인 3,926,559,000,000원에 위 비율을 곱하여 산정

4. 화재/폭발/누출사고 감소율 :

- **24%**: 국소배기장치 및 밀폐설비가 없었던 사업장에서 새로 국소배기장치 및 밀폐설비를 설치하였을 경우 증가하는 화재/폭발/누출사고 감소율(김태윤, 이은정, 김주찬, 2014)
- **20%**: 분야별 전문가 10인을 대상으로 한 설문조사 결과, 본 규제로 인해 20%의 화재/폭발/누출사고 감소효과가 있을 것으로 응답함.

5. 화재/폭발/누출사고 시너지효과 :

- **22%:** 국소배기장치 및 밀폐설비가 없었던 사업장에서 새로 국소배기장치 및 밀폐설비를 설치하였을 경우 증가하는 화재/폭발/누출사고 시너지효과(김태윤, 이은정, 김주찬, 2014)
- **25%:** 분야별 전문가 10인을 대상으로 한 설문조사 결과, 본 규제로 인해 25%의 화재/폭발/누출사고 시너지효과가 있을 것으로 응답함.

6. 사업체에서 사용, 제조 및 취급 중인 관리대상 유해물질 및 노출대상 유해물질 화학물질수: 679종

- 현재 산업안전보건법 등에서 정하고 있는 각각의 화학물질 관리제도별로 화학물질수를 확인하여, 사업체에서 사용, 제조 및 취급 중인 주요 화학물질수를 추정하였음.
- 한국산업안전보건공단(2014)의 2014년 제5차 작업환경 실태조사 또한 동일한 수의 화학물질을 조사대상으로 함

<화학물질 관리제도에 따른 화학물질 수>

산업안전보건법상 화학물질의 관리제도별 분류	법적근거	개수
제조 등이 금지되는 유해물질	산업안전보건법 시행령 제29조	69
허가대상 유해물질	산업안전보건법 시행령 제30조	13
관리대상 유해물질	산업안전보건기준에 관한 규칙 별표12	178
작업환경측정대상 유해인자	산업안전보건법 시행규칙 별표11의4	3
(위 물질을 제외한) 노출기준제정물질	화학물질 및 물리적 인자의 노출기준	390
(위 물질을 제외한) 위험물질	산업안전보건기준에 관한 규칙 별표1	26
합계		679

7. 사업장의 노력의 증가정도(설문조사)

설문조사 결과, 노출수준을 감소시키기 위한 사업장의 노력의 증가정도는 24.63% 수준인 것으로 나타났다.

▶ 노출수준별 편익의 산출

위에서 산출한 직업병 감소 및 시너지 효과와 화재·폭발·누출 등 사고 감소

및 시너지 효과를 합하면 해당 물질 26종으로 인한 편익을 구할 수 있다. 그러나 해당 방법으로 구한 편익은 노출기준을 상회하던 물질이 노출수준 이하로 감소하였을 때의 편익이라 할 수 있다. 즉, 26종의 화학물질의 노출수준이 모두 비용의 시나리오#1의 경우에 해당할 경우의 편익이라고 할 수 있다. 따라서 편익도 비용처럼 노출수준에 따른 시나리오별로 구분하여 최종 편익을 산출할 필요가 있다.

시나리오별 편익을 구하는 방법은 비용과 동일하다. 위에서 구한 직업병 감소 및 시너지 효과 편익과 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과 편익을 더한 값에 해당사업장 비율을 곱하여 도출된다. 또한 비용과 마찬가지로 추가적인 노력의 정도가 반영된다. 사업장의 노력의 증가정도는 직업병 감소 및 시너지 효과 편익과 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과 편익에 반영 되었으므로 해당부분에서는 추가적인 노력증가정도만 반영되었다. 최종적인 편익의 산식은 다음과 같다.

<표 IV-8> 시나리오 별 편익의 산식

시나리오 번호	사업장 노출량	산식
#1	허용기준 초과	(직업병 감소 및 시너지 효과 편익 + 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과 편익) × 분석기간 × 초과사업장 비율
#2	허용기준 50% 초과 ~100%이하	(직업병 감소 및 시너지 효과 편익 + 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과 편익) × 분석기간 × 해당사업장 비율
#3	허용기준 25% 초과 ~50% 이하	(직업병 감소 및 시너지 효과 편익 + 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과 편익) × 분석기간 × 해당사업장 비율 × 50%
#4	허용기준 10% 초과 ~25% 이하	(직업병 감소 및 시너지 효과 편익 + 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과 편익) × 분석기간 × 해당사업장 비율 × 25%
#5	허용기준	(직업병 감소 및 시너지 효과 편익 + 화재·폭발·누출 등 사고

	5%초과 ~10% 이하	감소 및 시너지 효과 편익) × 분석기간 × 해당사업장 비율 × 10%
#6	허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	(직업병 감소 및 시너지 효과 편익 + 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과 편익) × 분석기간 × 해당사업장 비율 × 5%
#7	허용기준 ~2.5% 이하	(직업병 감소 및 시너지 효과 편익 + 화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과 편익) × 분석기간 × 해당사업장 비율 × 2.5%
총편익 = $\sum(\#1+\#2+\#3+\#4+\#5+\#6+\#7)$		

노출량이 0인 사업장은 화학물질이 노출되지 않았기 때문에 그간 해당 물질로 인해 직업병 및 화재·폭발·누출 등 사고가 발생하지 않았다고 볼 수 있다. 또한 허용기준 설정 이후에도 특별히 조치를 취할 필요가 없다고 가정했기 때문에 편익 또한 산출되지 않는다고 가정할 수 있다. 따라서 해당사업장 비율은 $\frac{\text{해당구간사업장수}}{\text{화학물질이 검출된 사업장수}}$ 로 산정하였다.

시나리오별 편익은 다음과 같다. 또한 할인율을 적용한 분석기간에 따라서 편익을 산출하였다.

할인율 5.5% 30년 기준 시나리오별 편익은 다음과 같다.

<표 IV-9> 할인율 5.5% 30년 기준 시나리오 별 편익

시나리오 번호	사업장 노출량	편익
#1	허용기준 초과	₩ 413,237,862
#2	허용기준 50% 초과 ~100%이하	₩ 3,291,175,794
#3	허용기준 25% 초과 ~50% 이하	₩ 9,414,523,416
#4	허용기준 10% 초과 ~25% 이하	₩ 9,609,964,919
#5	허용기준 5%초과 ~10% 이하	₩ 3,636,113,441
#6	허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	₩ 1,623,127,972
#7	허용기준 ~2.5% 이하	₩ 3,218,762,916
합계		₩ 31,206,906,321

할인율 5.5% 영구 기준 시나리오별 편익은 다음과 같다.

<표 IV-10> 할인율 5.5% 영구 기준 시나리오 별 편익

시나리오 번호	사업장 노출량	편익
#1	허용기준 초과	₩ 516,963,494
#2	허용기준 50% 초과 ~100%이하	₩ 4,117,284,237
#3	허용기준 25% 초과 ~50% 이하	₩ 11,777,635,496
#4	허용기준 10% 초과 ~25% 이하	₩ 12,022,134,202
#5	허용기준 5%초과 ~10% 이하	₩ 4,548,803,677
#6	허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	₩ 2,030,544,592
#7	허용기준 ~2.5% 이하	₩ 4,026,695,213
합계		₩ 39,040,060,911

할인율 3% 30년 기준 시나리오별 편익은 다음과 같다.

<표 IV-11> 할인율 3% 30년 기준 시나리오 별 편익

시나리오 번호	사업장 노출량	편익
#1	허용기준 초과	₩ 544,093,053
#2	허용기준 50% 초과 ~100%이하	₩ 4,333,353,860
#3	허용기준 25% 초과 ~50% 이하	₩ 12,395,710,206
#4	허용기준 10% 초과 ~25% 이하	₩ 12,653,039,879
#5	허용기준 5%초과 ~10% 이하	₩ 4,787,518,869
#6	허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	₩ 2,137,104,883
#7	허용기준 ~2.5% 이하	₩ 4,238,010,843
합계		₩ 41,088,831,592

할인율 3% 영구 기준 시나리오별 편익은 다음과 같다.

<표 IV-12> 할인율 3% 영구 기준 시나리오 별 편익

시나리오 번호	사업장 노출량	편익
#1	허용기준 초과	₩ 925,307,486
#2	허용기준 50% 초과 ~100%이하	₩ 7,369,483,476
#3	허용기준 25% 초과 ~50% 이하	₩ 21,080,665,114
#4	허용기준 10% 초과 ~25% 이하	₩ 21,518,290,759
#5	허용기준 5%초과 ~10% 이하	₩ 8,141,855,555
#6	허용기준 2.5%초과 ~5% 이하	₩ 3,634,450,274
#7	허용기준 ~2.5% 이하	₩ 7,207,339,141
합계		₩ 69,877,391,805

▶ 분석기간별 총 편익

할인율 5.5%와 3%를 각각 적용한 분석기간별 총 편익은 다음과 같다.

<표 IV-13> 30년 기준 총 편익

편익항목		금액	
		할인율 5.5%	할인율 3%
직업병 감소 및 시너지 효과		₩ 24,309,733,946	₩ 32,007,612,477
기타 안전사고 감소 및 시너지 효과	2차 노출 감소 및 시너지 효과	α	α
	화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과	₩ 6,897,172,376	₩ 9,081,219,115
합계		₩ 31,206,906,322 + α	₩ 41,088,831,592

<표 IV-14> 영구년 기준 총 편익

편익항목		금액	
		할인율 5.5%	할인율 3%
직업병 감소 및 시너지 효과		₩ 30,411,649,402	₩ 54,433,489,373
기타 안전사고 감소 및 시너지 효과	2차 노출 감소 및 시너지 효과	α	α
	화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과	₩ 8,628,411,509	₩ 15,443,902,433
합계		₩ 39,040,060,911+ α	₩ 69,877,391,805+ α

▶ 분석기간별 비용·편익의 비교

분석기간과 할인율별 규제 비용·편익의 B/C ratio(비용단위별 편익)는 다음 <표 IV-15>와 같다.

<표 IV-15> 비용·편익의 비교

		총비용	총편익	순편익	B/C ratio
할인율 5.5%	30년	₩ 15,503,705,691	₩ 31,206,906,321	₩ 15,703,200,630	2.01
	영구	₩ 18,905,304,887	₩ 39,040,060,911	₩ 20,134,756,024	2.07
할인율 3%	30년	₩ 19,794,997,108	₩ 41,088,831,592	₩ 21,293,834,484	2.08
	영구	₩ 32,296,619,814	₩ 69,877,391,805	₩ 37,580,771,992	2.16

○ 26종 물질별 사회성·경제성 평가결과정리

▶ 물질별 비용평가 및 측정

해당 화학물 26종은 각각의 화학물질에 따라 허용기준을 초과하는 사업장의 비율이 다르고, 노출량이 허용기준대비 어느 정도 수준인지에 대한 구간별 비율도 모두 상이하다. 따라서 시나리오 #1부터 시나리오#8로 도출된 비용에 각 시나리오에 해당하는 사업장의 비율을 곱하면 각각의 물질당 비용을 구할 수 있다.

▶ 물질별 편익평가 및 측정

26종 화학물질의 현재 관리수준이 상이하기 때문에 허용기준 설정으로 인한 개별적인 효과를 측정하기에는 어려움이 있다. 따라서 유해성·위험성 평가 결과와 전문가 대상 델파이 1·2차 설문조사의 결과를 이용하여 편익을 측정하였다. 2011년도부터 2016년까지의 6년간 자료를 활용한 유해성·위험성 평가 수치와 전문가 대상 델파이 설문조사 결과에 따라 물질별로 가중치를 부여하였다. 이와 같은 방법으로 관리수준변경에 따른 총 편익에서 상대적인 26종 물질별 편익을 구하였다.

▶ 2016년도 유해성·위험성 평가 결과

2011년도부터 2016년까지의 6년간 자료를 활용한 평가 결과는 외국의 관리수준 및 노출기준과 GHS에 의한 CMR 및 건강유해성 분류 결과를 종합하여 낸 결과이다. 따라서 발암성/생식독성의 분류와 각 물질의 특징으로 결정된 건강유해성 점수, 노출점수, 직업병 점수를 합산하여 각 물질별로 상대적인 정도와 순위를 산정할 수 있다.

2016유해위험성	건강유해성 (A)	직업병 (B)	노출 (C)	합계 (A+B+C)	순위
산화에틸렌	41	10	34	51	1
메틸렌디(비스)페닐다이소시아네이트	40	7	34	47	2
아닐린과아닐린 동족체	40	7	30	47	2
시클로헥사논	40	7	32	47	2
니켈카보닐	39	7	7	46	5
염화비닐	38	7	30	45	6
아크릴로니트릴	38	7	33	45	6
수은	34	10	30	44	8
1,3-부타디엔	33	10	34	43	9
암모니아	30	10	30	40	10
황산	30	7	32	37	11
톨루엔	26	10	33	36	12
베릴륨 및 그 화합물	27	7	24	34	13
스티렌	26	7	34	33	14
브롬화메틸	25	7	20	32	15
휘발성 콜타르피치	22	10	26	32	15
디클로로메탄	22	10	33	32	15
코발트 및 그 무기화합물	24	7	34	31	18
트리클로로메탄(클로로포름)	24	7	33	31	18
염소	20	7	31	27	20
1,2-디클로로프로판	17	7	33	24	21
일산화탄소	17	7	33	24	21
메틸알코올	13	10	31	23	23
삼수소화비소	15	7	18	22	24
망간 및 그 무기화합물	15	7	34	22	24
수산화나트륨	10	7	30	17	26
MAX(최대값=만점)	41	10	34	51	

▶ 규제강화(관리수준 강화)의 상대적 효과: 델파이 설문조사 결과

델파이 설문조사는 앞서 설명한 바와 같이 산업안전보건전문가 13인을 대상으로 진행되었다. 허용기준이 설정되었을 경우, 26종 각각의 화학물질에 어떠한 효과가 나타날지를 타 25종 화학물질과 비교하여 상대적인 5점 척도로 측정하였

다. 효과는 ‘직업병 감소 및 시너지효과’, ‘2차 노출 감소 및 시너지효과’, ‘화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지효과’의 세 가지로 나누어 측정하였다. 따라서 근로자의 건강개선에 직접적인 효과가 있는 직업병의 효과 정도를 산출하여 물질별 편익의 정도를 산정할 수 있다. 더불어 직업병 이외의 다른 효과들도 5점 척도로 나타낸 결과를 이용하여 물질별 전체 편익의 정도를 산정할 수 있다. 유해성 평가결과와 마찬가지로 델파이 설문조사 평가 결과 점수도 동일한 범위로 환산할 필요가 있다. 그래서 직업병 감소 및 시너지효과 점수를 10점 만점으로 환산하고, 기타 항목들의 합을 10점 만점으로 환산하여 그 결과를 산출하였다.

결과적으로 델파이 설문 결과 환산점수는 (직업병 감소 및 시너지효과 점수 10점 만점 환산점수) + (기타 항목들의 합 10점 만점 환산점수) 이다.

앞서 언급한 방식으로 계산한 델파이 설문 결과 환산점수에 따라 규제강화의 상대적 효과에 대한 물질별 순위를 부여하였다.

화학물질	직업병 (10점 만점)	직업병 순위	기타효과 (10점 환산)	기타 순위	합계 점수	합계 순위
산화에틸렌	7.50	1	5.58	1	13.08	1
1,2-디클로로프로판	7.50	1	5.54	3	13.04	2
1,3-부타디엔	7.00	4	5.54	3	12.54	3
황산	6.83	7	5.57	2	12.41	4
염화비닐	6.88	5	5.50	6	12.38	5
톨루엔	6.71	9	5.46	7	12.17	6
메틸 알코올	7.08	3	5.04	10	12.13	7
휘발성폴타르피치	6.88	5	5.04	10	11.92	8
디클로로메탄	6.71	8	5.02	12	11.73	9
베릴륨 및 그 화합물	6.58	11	4.96	13	11.54	10
아크릴로니트릴	6.58	11	4.94	15	11.52	11
염소	5.88	22	5.54	3	11.42	12
스티렌	6.63	10	4.79	17	11.42	12
브롬화 메틸	6.21	15	5.13	9	11.33	14
시클로헥사논	6.21	17	4.96	13	11.17	15
메틸렌 디페닐 다이소시아네이트	6.29	14	4.75	19	11.04	16
수은	6.38	13	4.67	21	11.04	16
아닐린과 아닐린 동족체	6.21	15	4.81	16	11.02	18
삼수소화비소	6.08	21	4.79	18	10.88	19
니켈카보닐	6.13	19	4.71	20	10.83	20
트리클로로메탄	6.13	19	4.63	23	10.75	21
망간 및 그 무기화합물	6.17	18	4.40	25	10.56	22
암모니아	5.13	26	5.42	8	10.54	23
코발트 및 그 무기화합물	5.79	23	4.31	26	10.10	24
일산화탄소	5.25	24	4.65	22	9.90	25
수산화나트륨	5.21	25	4.50	24	9.71	26
MAX	7.50		5.60		13.08	

▶ 물질별 편익 평가 및 측정 결과

총 편익은 26종의 관리수준 변경에 따른 전체의 효과이다. 특정 화학물질의 허용기준설정에 따른 개별적인 효과의 측정이 어려워 김태운(2014)의 방식으로 개별 화학물질별 편익을 측정하고자 한다. 김태운(2014)는 유해성·위험성 평가 결과 환산점수와 규제의 상대적 효과 평가결과 환산점수의 곱으로 물질별 편익의 최종점수를 산정하였다. 26종 화학물질 최종점수의 총합이 관리수준변경에 따른 총편익으로 보았다. 그래서 최종점수의 총합에서 해당물질이 차지하는 비중을 따라 각 물질별 가중치를 산출하여 각 물질별 가중치와 총 편익의 곱으로 각 물질별 편익을 산출 하였다.

$$(\text{가중치}) = \frac{(\text{해당물질점수})}{\sum_{k=1}^{26} (\text{최종점수})}$$

$$(\text{총 편익}) \times (\text{가중치}) = (\text{물질별 편익})$$

물질별 평가 결과는 다음과 같다.

<표 IV-16> 물질별 효과 점수 및 순위

최종점수 및 순위	구간별 비율을 고려한 화학물질별 기업체 비율	최종유해위험점수: (유해성+직업병+노출))*(기업체비율)	규제강화의 총효과 (유해위험점수*규 제강화효과)	총효과 상대비 율	총효 과 순위	직업병효과 (유해위험점수* 직업병 규제강화효과)	직업병효 과 상대비율	직업병 효과 순위
휘발성폴타르피치	14.58%	8.45	100.75	15.96%	1	58.12	16.44%	1
산화에틸렌	5.62%	4.78	62.50	9.90%	2	35.823	10.13%	2
황산	5.68%	3.92	48.61	7.70%	3	26.77	7.57%	3
일산화탄소	8.61%	4.91	48.54	7.69%	4	25.75	7.28%	4
디클로로메탄	5.84%	3.80	44.53	7.06%	5	25.47	7.20%	5
톨루엔	5.23%	3.61	43.88	6.95%	6	24.20	6.84%	6
코발트 및 그 무기화합물	5.83%	3.79	38.31	6.07%	7	21.96	6.21%	7
염화비닐	3.89%	2.91	36.07	5.72%	8	20.04	5.67%	8
수산화나트륨	6.91%	3.25	31.51	4.99%	9	16.91	4.78%	10
수은	3.78%	2.79	30.85	4.89%	10	17.81	5.04%	9

329 IV. 사회성·경제성 평가 결과

망간 및 그 무기화합물	4.89%	2.74	28.90	4.58%	11	16.87	4.77%	11
1,2-디클로로프로판	3.86%	2.20	28.66	4.54%	12	16.48	4.66%	12
니켈카보닐	4.37%	2.32	25.11	3.98%	13	14.20	4.02%	13
스티렌	3.08%	2.06	23.53	3.73%	14	13.66	3.86%	14
1,3-부타디엔	2.25%	1.73	21.69	3.44%	15	12.11	3.42%	15
아크릴로니트릴	2.16%	1.69	19.44	3.08%	16	11.11	3.14%	16
암모니아	2.17%	1.52	16.02	2.54%	17	7.79	2.20%	18
메틸 알코올	2.15%	1.16	14.07	2.23%	18	8.22	2.32%	17
시클로헥사논	1.57%	1.24	13.85	2.19%	19	7.70	2.18%	19
아닐린과 아닐린 동족체	1.38%	1.06	11.71	1.85%	20	6.60	1.87%	20
메틸렌 디페닐 디이소시아네이트	1.25%	1.01	11.19	1.77%	21	6.37	1.80%	21
트리클로로메탄	1.49%	0.96	10.28	1.63%	22	5.86	1.66%	22
염소	1.28%	0.74	8.47	1.34%	23	4.36	1.23%	24
베릴륨 및 그 화합물	1.20%	0.70	8.05	1.28%	24	4.59	1.30%	23
브롬화 메틸	0.79%	0.41	4.66	0.74%	25	2.55	0.72%	25
삼수소화비소	0.16%	0.06	0.69	0.11%	26	0.39	0.11%	26
MAX(최대값=만점)	14.58%	8.45	100.75	15.96%		58.12	16.44%	

각 항목에 대한 설명은 다음과 같다.

◆ 구간별 비율을 고려한 화학물질별 기업체 비율

김태운(2014)에서는 화학물질별 사용 기업체 비율을 26종의 화학물질을 취급하는 전체 사업장 모집단 중 해당 화학물질을 취급하는 사업장의 비율로 파악하였다. 그러나 본 연구에서는 물질별로 구간별 노출량이 상이하기 때문에 이 비율도 반영하여 기업체 비율을 산출하였다. 해당 비율은 물질별 구간 사업장 비율에서 바로 도출이 불가하기 때문에 다음과 같은 식을 사용하였다. 물질별 비용을 구할 때 개별물질의 시나리오_n에 해당하는 사업체 비율이 각 시나리오별로 곱해서 도출되었기 때문에 이를 다시 추출해 낸 것이다.

$$\text{구간별 비율을 고려한 화학물질별 기업체 비율} = \frac{\sum_{n=1}^7 \text{해당 물질 시나리오}_n \text{비용}}{26 \text{종 물질별 비용}(\ast) \text{의 총합}} \times 100(\%)$$

$$\text{물질별비용} = \sum_{n=1}^7 (\text{시나리오}_n \text{의 비용} \times \frac{\text{개별물질의 시나리오}_n \text{에 해당하는 사업체 비율}}{\sum 26 \text{종 전체 물질의 시나리오}_n \text{비용}})$$

해당 비율은 $\frac{\sum_{n=1}^7 \text{해당 물질 시나리오}_n \text{편익}}{26 \text{종 물질별 편익의 총합}} \times 100(\%)$ 의 방법으로 동일하게 구할 수 있다.

◆ 최종유해위험점수

최종유해위험점수는 2016년도 유해성·위험성 평가 결과 점수에 사업체 비중을 반영하여 계산하였으며, 수식은 다음과 같다.

= (2016년도 유해성·위험성 평가 결과 환산점수) × 구간별 비율을 고려한 화학물질별 기업체 비율

※ 2016년도 유해위험성점수 ⇒ 유해성점수 + 직업병점수 + 노출점수(취급 근로자, 취급량, 근로자 노출평가 환산점수 포함)

◆ 규제강화의 총효과

규제강화의 총효과는 유해위험점수와 규제강화 효과의 곱으로 계산하였다. 규제강화효과는 직업병 감소 및 시너지효과와 기타효과(2차 노출 감소 및 시너지효과/화재·폭발·누출 등 사고 감소 및 시너지효과)를 모두 고려한 값이며, 수식은 아래와 같다.

규제강화총효과 점수 = 최종유해위험점수 × 총델파이점수

※ 총델파이점수 = 직업병 및 시너지효과 점수 합계 + 기타 점수 합계(10점 환산)

◆ 총효과상대비율

총효과상대비율은 전체 편익 중 해당화학물질이 차지하는 편익의 비율을 나타내고, 수식은 다음과 같다.

$$\text{총효과상대비율} = \frac{\text{각 화학물질의 총효과점수}}{\sum \text{규제강화의 총효과 점수}} \times 100(\%)$$

◆ 직업병효과

직업병효과는 직업병 감소 및 시너지효과만 고려한 값으로, 유해위험점수와 직업병규제강화효과의 곱으로 계산된다. 수식은 아래와 같다.

$$\text{규제강화직업병 점수} = \text{최종유해위험점수} \times \text{델파이 직업병 점수}$$

※ 델파이 직업병 점수 = 직업병 및 시너지효과 점수 합계

◆ 직업병효과상대비율

직업병효과상대비율은 전체 편익 중 해당 화학물질이 차지하는 편익의 비율을 나타내고, 수식은 다음과 같다.

$$\text{직업병효과상대비율} = \frac{\text{각 화학물질의 직업병효과점수}}{\sum \text{규제강화의 직업병효과 점수}} \times 100(\%)$$

◆ 물질별 비용편익분석 결과 및 설명

할인율과 기간에 따른 물질별 비용편익분석 결과는 다음의 표와 같다. 물질별 제시 순서는 직업병 및 기타효과

B/C Ratio의 순위에 따라 1위부터 26위의 순서로 배열하였다.

<표 IV-17> 할인율 5.5%, 30년 기준의 물질별 비용편익 분석 결과

화학물질	비용	직업병 및 기타효과 편익	총효과 순편익 (직업병 및 기타효과 편익 - 비용)	직업병효과 편익	직업병효과 순편익 (직업병효과 편익 - 비용)	직업병 및 기타효과 B/C Ratio	직업병 효과 B/C Ratio
산화에틸렌	₩871,655,294	₩2,632,861,498	₩1,761,206,204	₩2,116,249,120	₩1,244,593,826	3.02	2.43
1,3-부타디엔	₩348,456,211	₩902,369,947	₩553,913,736	₩715,284,483	₩366,828,273	2.59	2.05
메틸렌 디페닐 디이소시아네이트	₩194,049,996	₩486,219,717	₩292,169,721	₩376,622,439	₩182,572,443	2.51	1.94
아크릴로니트릴	₩335,354,791	₩838,212,891	₩502,858,100	₩655,823,225	₩320,468,434	2.50	1.96
염화비닐	₩602,849,176	₩1,499,078,290	₩896,229,114	₩1,183,816,712	₩580,967,536	2.49	1.96
시클로헥사논	₩243,443,437	₩588,817,091	₩345,373,655	₩454,717,865	₩211,274,429	2.42	1.87
아닐린과 아닐린 동족체	₩213,969,251	₩504,425,855	₩290,456,603	₩389,546,179	₩175,576,927	2.36	1.82
수은	₩585,127,566	₩1,353,159,950	₩768,032,385	₩1,051,245,856	₩466,118,290	2.31	1.80
황산	₩880,896,674	₩2,005,602,676	₩1,124,706,002	₩1,581,788,801	₩700,892,127	2.28	1.80
톨루엔	₩810,243,527	₩1,818,127,037	₩1,007,883,510	₩1,428,305,553	₩618,062,026	2.24	1.76
스티렌	₩476,175,423	₩1,027,406,453	₩551,231,030	₩804,951,086	₩328,775,663	2.16	1.69
디클로로메탄	₩905,015,031	₩1,913,060,536	₩1,008,045,506	₩1,502,884,524	₩597,869,493	2.11	1.66
1,2-디클로로프로판	₩597,988,614	₩1,211,245,249	₩613,256,635	₩973,578,251	₩375,589,637	2.03	1.63

334 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

트리클로로메탄	₩231,653,876	₩449,210,046	₩217,556,170	₩345,833,824	₩114,179,948	1.94	1.49
휘발성폴타르피치	₩2,260,593,023	₩4,347,151,304	₩2,086,558,281	₩3,432,929,686	₩1,172,336,663	1.92	1.52
코발트 및 그 무기 화합물	₩903,082,642	₩1,704,051,158	₩800,968,516	₩1,294,750,953	₩391,668,311	1.89	1.43
베릴륨 및 그 화합 물	₩186,584,910	₩346,784,541	₩160,199,631	₩271,326,484	₩84,741,573	1.86	1.45
암모니아	₩336,839,529	₩624,618,501	₩287,778,972	₩460,210,783	₩123,371,254	1.85	1.37
메틸 알코올	₩333,214,951	₩610,861,801	₩277,646,850	₩485,397,738	₩152,182,787	1.83	1.46
망간 및 그 무기화 합물	₩756,581,031	₩1,290,452,283	₩533,871,252	₩995,029,091	₩238,448,061	1.71	1.32
염소	₩198,548,115	₩337,954,076	₩139,405,962	₩257,657,899	₩59,109,784	1.70	1.30
니켈카보닐	₩678,483,429	₩1,089,544,643	₩411,061,214	₩838,808,914	₩160,325,485	1.61	1.24
브롬화 메틸	₩122,697,216	₩195,340,951	₩72,643,735	₩150,853,332	₩28,156,116	1.59	1.23
일산화탄소	₩1,334,004,700	₩2,050,506,376	₩716,501,676	₩1,520,314,187	₩186,309,487	1.54	1.14
수산화나트륨	₩1,071,488,797	₩1,350,054,476	₩278,565,679	₩998,909,384	-₩72,579,413	1.26	0.93
삼수산화비소	₩24,708,484	₩29,788,973	₩5,080,489	₩22,897,577	-₩1,810,907	1.21	0.93
총합	₩15,503,705,691	₩31,206,906,321	₩15,703,200,630	₩24,309,733,946	₩8,806,028,255		

<표 IV-18> 할인율 5.5%, 영구기간 기준 물질별 비용편익 분석 결과

화학물질	비용	직업병 및 기타효과 편익	총효과 순편익 (직업병 및 기타효과 편익 - 비용)	직업병효과 편익	직업병효과 순편익 (직업병효과 편익 - 비용)	직업병 및 기타효과 B/C Ratio	직업병 효과 B/C Ratio
산화에틸렌	₩1,062,860,778	₩3,293,728,388	₩2,230,867,610	₩2,647,442,642	₩1,584,581,864	3.10	2.43
1,3-부타디엔	₩424,890,312	₩1,128,871,197	₩703,980,885	₩894,825,956	₩469,935,645	2.66	2.05
메틸렌 디페닐 디 이소시아네이트	₩236,615,218	₩608,264,311	₩371,649,093	₩471,157,340	₩234,542,122	2.57	1.94
아크릴로니트릴	₩408,933,608	₩1,048,610,265	₩639,676,657	₩820,439,501	₩411,505,893	2.56	1.96
염화비닐	₩735,083,467	₩1,875,357,561	₩1,140,274,094	₩1,480,963,094	₩745,879,626	2.55	1.96
시클로헥사논	₩296,857,405	₩736,614,353	₩439,756,948	₩568,855,271	₩271,997,866	2.48	1.87
아닐린과 아닐린 동 족체	₩260,903,745	₩631,040,318	₩370,136,573	₩487,325,030	₩226,421,285	2.42	1.82
수은	₩713,531,188	₩1,692,812,685	₩979,281,497	₩1,315,116,014	₩601,584,825	2.37	1.80
황산	₩1,074,122,550	₩2,509,023,158	₩1,434,900,608	₩1,978,828,997	₩904,706,447	2.34	1.80
톨루엔	₩988,035,303	₩2,274,489,805	₩1,286,454,502	₩1,786,820,366	₩798,785,063	2.30	1.76
스티렌	₩580,745,898	₩1,285,292,752	₩704,546,854	₩1,006,999,511	₩426,253,614	2.21	1.69
디클로로메탄	₩1,103,622,223	₩2,393,252,285	₩1,289,630,063	₩1,880,119,188	₩776,496,965	2.17	1.66

336 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

1,2-디클로로프로판	₩729,172,095	₩1,515,276,388	₩786,104,294	₩1,217,953,290	₩488,781,195	2.08	1.63
트리클로로메탄	₩282,483,105	₩561,964,950	₩279,481,846	₩432,640,564	₩150,157,460	1.99	1.49
취발성폴타르피치	₩2,756,468,350	₩5,438,317,082	₩2,681,848,732	₩4,294,619,360	₩1,538,151,011	1.97	1.52
코발트 및 그 무기 화합물	₩1,101,364,353	₩2,131,780,072	₩1,030,415,719	₩1,619,742,616	₩518,378,263	1.94	1.43
베릴륨 및 그 화합 물	₩227,516,964	₩433,829,918	₩206,312,954	₩339,431,353	₩111,914,389	1.91	1.45
암모니아	₩410,725,801	₩781,402,170	₩370,676,369	₩575,726,950	₩165,001,149	1.90	1.37
메틸 알코올	₩406,321,635	₩764,192,441	₩357,870,806	₩607,236,009	₩200,914,374	1.88	1.46
망간 및 그 무기화 합물	₩922,696,035	₩1,614,364,949	₩691,668,914	₩1,244,788,443	₩322,092,408	1.75	1.32
염소	₩242,100,839	₩422,782,944	₩180,682,105	₩322,331,857	₩80,231,018	1.75	1.30
니켈카보닐	₩827,314,791	₩1,363,028,069	₩535,713,278	₩1,049,355,894	₩222,041,104	1.65	1.24
브롬화 메틸	₩149,611,946	₩244,372,914	₩94,760,967	₩188,718,587	₩39,106,641	1.63	1.23
일산화탄소	₩1,626,677,100	₩2,565,198,004	₩938,520,904	₩1,901,923,819	₩275,246,719	1.58	1.14
수산화나트륨	₩1,306,521,788	₩1,688,927,715	₩382,405,927	₩1,249,642,717	-₩56,879,071	1.29	0.93
삼수산화비소	₩30,128,390	₩37,266,217	₩7,137,827	₩28,645,031	-₩1,483,359	1.24	0.93
총합	₩18,905,304,887	₩39,040,060,911	₩20,134,756,024	₩30,411,649,402	₩11,506,344,515		

<표 IV-19> 할인율 3%, 30년 기준 물질별 비용편익 분석 결과

화학물질	비용	직업병 및 기타효과 편익	총효과 순편익 (직업병 및 기타효과 편익 - 비용)	직업병효과 편익	직업병효과 순편익 (직업병효과 편익 - 비용)	직업병 및 기타효과 B/C Ratio	직업병 효과 B/C Ratio
산화에틸렌	₩1,112,870,795	₩3,466,599,230	₩2,353,728,436	₩2,786,393,172	₩1,673,522,377	3.12	2.50
1,3-부타디엔	₩444,881,739	₩1,188,121,121	₩743,239,382	₩941,791,747	₩496,910,008	2.67	2.12
메틸렌 디페닐 디 이소시아네이트	₩247,748,202	₩640,189,572	₩392,441,371	₩495,886,406	₩248,138,205	2.58	2.00
아크릴로니트릴	₩428,178,233	₩1,103,639,761	₩675,461,528	₩863,494,902	₩435,316,669	2.58	2.02
염화비닐	₩769,669,500	₩1,973,788,017	₩1,204,118,517	₩1,558,693,208	₩789,023,708	2.56	2.03
시클로헥사논	₩310,827,890	₩775,270,343	₩464,442,453	₩598,707,588	₩287,879,698	2.49	1.93
아닐린과 아닐린 동 족체	₩273,179,516	₩664,161,019	₩390,981,503	₩512,902,687	₩239,723,170	2.43	1.88
수은	₩747,115,305	₩1,781,639,861	₩1,034,524,555	₩1,384,124,206	₩637,008,901	2.38	1.85
황산	₩1,124,661,002	₩2,640,711,494	₩1,516,050,491	₩2,082,689,534	₩958,028,532	2.35	1.85
톨루엔	₩1,034,536,949	₩2,393,844,168	₩1,359,307,219	₩1,880,584,090	₩846,047,141	2.31	1.82
스티렌	₩608,096,427	₩1,352,708,285	₩744,611,858	₩1,059,818,104	₩451,721,677	2.22	1.74

338 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

디클로로메탄	₩1,155,568,164	₩2,518,831,669	₩1,363,263,504	₩1,978,773,233	₩823,205,068	2.18	1.71
1,2-디클로로프로판	₩763,483,286	₩1,594,802,260	₩831,318,974	₩1,281,874,781	₩518,391,494	2.09	1.68
트리클로로메탄	₩295,777,548	₩591,455,042	₩295,677,493	₩455,344,114	₩159,566,565	2.00	1.54
취발성폴타르피치	₩2,886,165,117	₩5,723,748,390	₩2,837,583,272	₩4,520,023,256	₩1,633,858,139	1.98	1.57
코발트 및 그 무기 화합물	₩1,153,225,165	₩2,243,607,857	₩1,090,382,692	₩1,704,710,136	₩551,484,971	1.95	1.48
베릴륨 및 그 화합 물	₩238,222,790	₩456,598,484	₩218,375,693	₩357,245,613	₩119,022,822	1.92	1.50
암모니아	₩430,050,842	₩822,414,753	₩392,363,911	₩605,944,458	₩175,893,616	1.91	1.41
메틸 알코올	₩425,442,773	₩804,296,935	₩378,854,161	₩639,103,471	₩213,660,698	1.89	1.50
망간 및 그 무기화 합물	₩966,143,608	₩1,699,050,637	₩732,907,029	₩1,310,086,984	₩343,943,376	1.76	1.36
염소	₩253,492,105	₩444,972,821	₩191,480,716	₩339,249,517	₩85,757,412	1.76	1.34
니켈카보닐	₩866,241,806	₩1,434,566,436	₩568,324,630	₩1,104,431,167	₩238,189,361	1.66	1.27
브롬화 메틸	₩156,651,526	₩257,198,795	₩100,547,270	₩198,623,450	₩41,971,924	1.64	1.27
일산화탄소	₩1,703,225,906	₩2,699,819,970	₩996,594,064	₩2,001,736,962	₩298,511,056	1.59	1.18
수산화나트륨	₩1,367,994,940	₩1,777,572,519	₩409,577,579	₩1,315,231,211	-₩52,763,729	1.30	0.96
삼수산화비소	₩31,545,973	₩39,222,154	₩7,676,181	₩30,148,480	-₩1,397,493	1.24	0.96
총합	₩19,794,997,108	₩41,088,831,592	₩21,293,834,484	₩32,007,612,477	₩12,212,615,369		

<표 IV-20> 할인율 3%, 영구기간 기준 물질별 비용편익 분석 결과

화학물질	비용	직업병 및 기타효과 편익	총효과 순편익 (직업병 및 기타효과 편익 - 비용)	직업병효과 편익	직업병효과 순편익 (직업병효과 편익 - 비용)	직업병 및 기타효과 B/C Ratio	직업병 효과 B/C Ratio
산화에틸렌	₩1,815,592,864	₩5,895,444,170	₩4,079,851,306	₩4,738,657,194	₩2,923,064,330	3.25	2.61
1,3-부타디엔	₩725,793,815	₩2,020,568,652	₩1,294,774,837	₩1,601,650,580	₩875,856,764	2.78	2.21
메틸렌 디페닐 디 이소시아네이트	₩404,184,724	₩1,088,733,260	₩684,548,536	₩843,325,239	₩439,140,514	2.69	2.09
아크릴로니트릴	₩698,596,514	₩1,876,896,106	₩1,178,299,591	₩1,468,495,677	₩769,899,163	2.69	2.10
염화비닐	₩1,255,659,509	₩3,356,706,756	₩2,101,047,248	₩2,650,779,100	₩1,395,119,591	2.67	2.11
시클로헥사논	₩507,135,933	₩1,318,457,290	₩811,321,357	₩1,018,187,256	₩511,051,324	2.60	2.01
아닐린과 아닐린 동 족체	₩445,674,069	₩1,129,500,109	₩683,826,040	₩872,263,839	₩426,589,770	2.53	1.96
수은	₩1,219,026,766	₩3,029,931,535	₩1,810,904,770	₩2,353,899,726	₩1,134,872,961	2.49	1.93
황산	₩1,834,808,454	₩4,490,904,816	₩2,656,096,362	₩3,541,909,247	₩1,707,100,793	2.45	1.93
톨루엔	₩1,687,960,701	₩4,071,071,879	₩2,383,111,178	₩3,198,200,246	₩1,510,239,545	2.41	1.89
스티렌	₩992,415,845	₩2,300,472,493	₩1,308,056,647	₩1,802,371,155	₩809,955,310	2.32	1.82
디클로로메탄	₩1,885,493,131	₩4,283,630,870	₩2,398,137,738	₩3,365,184,823	₩1,479,691,692	2.27	1.78

340 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

1,2-디클로로프로판	₩1,245,611,333	₩2,712,187,669	₩1,466,576,336	₩2,180,010,062	₩934,398,729	2.18	1.75
트리클로로메탄	₩482,586,106	₩1,005,853,272	₩523,267,166	₩774,377,314	₩291,791,208	2.08	1.60
휘발성콜타르피치	₩4,708,615,643	₩9,734,046,779	₩5,025,431,137	₩7,686,941,288	₩2,978,325,645	2.07	1.63
코발트 및 그 무기 화합물	₩1,881,953,917	₩3,815,573,702	₩1,933,619,785	₩2,899,101,617	₩1,017,147,700	2.03	1.54
베릴륨 및 그 화합 물	₩388,657,061	₩776,510,548	₩387,853,487	₩607,546,885	₩218,889,824	2.00	1.56
암모니아	₩701,599,089	₩1,398,633,051	₩697,033,963	₩1,030,494,580	₩328,895,492	1.99	1.47
메틸 알코올	₩694,125,864	₩1,367,821,129	₩673,695,265	₩1,086,886,191	₩392,760,327	1.97	1.57
망간 및 그 무기화 합물	₩1,576,652,663	₩2,889,476,834	₩1,312,824,172	₩2,227,988,919	₩651,336,256	1.83	1.41
염소	₩413,557,915	₩756,739,458	₩343,181,544	₩576,941,969	₩163,384,054	1.83	1.40
니켈카보닐	₩1,413,229,686	₩2,439,683,900	₩1,026,454,215	₩1,878,242,004	₩465,012,319	1.73	1.33
브롬화 메틸	₩255,569,061	₩437,403,067	₩181,834,006	₩337,787,377	₩82,218,316	1.71	1.32
일산화탄소	₩2,778,861,132	₩4,591,427,173	₩1,812,566,041	₩3,404,237,906	₩625,376,774	1.65	1.23
수산화나트륨	₩2,231,792,704	₩3,023,014,444	₩791,221,740	₩2,236,737,408	₩4,944,704	1.35	1.00
삼수산화비소	₩51,465,315	₩66,702,841	₩15,237,526	₩51,271,771	-₩193,545	1.30	1.00
총합	₩32,296,619,814	₩69,877,391,805	₩37,580,771,992	₩54,433,489,373	₩22,136,869,559		

◆ 물질별 비용

물질별 비용은 각 시나리오#1-#7의 비용에서 해당 시나리오에 해당하는 사업체 비율을 곱하여 산출하였으며, 식은 다음과 같다.

$$\text{물질별비용} = \sum_{n=1}^7 (\text{시나리오 } n \text{의 비용} \times \frac{\text{개별물질의 시나리오 } n \text{에 해당하는사업체 비율}}{\sum 26\text{종 전체 물질의 시나리오 } n \text{비율}})$$

◆ 직업병 및 기타효과 편익

직업병 및 기타효과 편익은 개별물질마다 초과 구간별 비율이 다르기 때문에, 각각의 시나리오별 편익에 개별물질이 해당 시나리오 총 사업장에서 차지하는 비율을 곱한 편익이다. 수식은 다음과 같다.

$$\text{직업병 및 기타편익} = \sum_{n=1}^7 (\text{시나리오 } n \text{편익} \times \text{개별물질의 시나리오 } n \text{에 해당하는사업체 비율})$$

◆ 직업병효과 편익

직업병효과 편익은 시나리오별 직업병 편익에서 개별물질이 해당 시나리오 총 사업장에서 차지하는 비율을 곱한 편익이다. 수식은 다음과 같다.

$$\text{직업병 효과편익} = \sum_{n=1}^7 (\text{시나리오 } n \text{직업병편익} \times \text{개별물질의 시나리오 } n \text{에 해당하는사업체 비율})$$

◆ 물질별 결과의 종합

연구대상 화학물질 26종의 물질별 평가결과 대체로 B/C ratio가 1을 넘는 결

과가 나타났다. 이는 26종의 화학물질이 허용기준설정대상을 지정될 경우 편익이 비용보다 크다는 것을 의미한다. 다만 본 연구에서는 비용·편익 항목을 가능한 모두 고려함과 동시에 비용의 과소계상과 편익의 과대계상을 경계하기 위하여, 비용은 가능한 최대치로 산출하였으며, 편익은 가능한 최소치로 산출하였기에 실제 편익은 더 클 것으로 예상된다.

IV. 결론

연구대상 화학물질 26종에 대한 유해성·위험성 평가 결과, 우선순위에 대하여 비교를 보았을 때, 선정 대상물질에 10종(산화에틸렌, 메틸렌 디(비스)페닐 디이소시아네이트, 시클로헥사논, 아크릴로니트릴, 아닐린과 아닐린 동족체, 황산, 디클로로메탄, 트리클로로메탄, 베릴륨과 그 화합물, 삼수소화비소)의 경우 같은 수준의 순위를 보였으며, 나머지 16종(염화비닐, 암모니아, 1,3-부타디엔, 수은, 코발트 및 그 무기화합물, 톨루엔, 스티렌, 1,2-디클로로프로판, 망간 및 그 무기화합물, 염소, 일산화탄소, 메틸알코올, 휘발성 콜타르피치, 수산화나트륨, 브롬화메틸, 니켈카보닐)의 물질에 대해서는 각각 다른 순위를 나타냈다.

연구대상 화학물질 26종에 대하여 사회성·경제성 평가를 수행한 결과, 분석기간 30년 기준 할인율 5.5% 적용시 총비용은 15,503,705,691원, 총편익은 31,206,906,321원, 순편익은 15,703,200,630원, B/C ratio 2.01으로 나타났다. 또한 기간은 영구 기준 할인율 5.5% 적용시 총비용은 18,905,304,887원, 총편익은 39,040,060,911원, 순편익은 20,134,756,024원, B/C ratio 2.07로 분석기간이 늘어날수록 순편익이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 유해성·위험성 평가 결과와 델파이 설문결과를 반영한 물질별 평가 결과, 물질별로 B/C ratio의 차이는 있었지만 전체적으로 1이상을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다. 다만, 수산화나트륨과 삼수소화비소의 경우 B/C ratio가 1 미만으로 나타났다. 따라서 이 두 물질의 경우 규제 강화에 대한 면밀한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

V. 참고문헌

- 1) 강성규. 업무상질병 인정 표준화를 위한 자문의사 워크숍 발표자료. 2002
- 2) 고용노동부 (2017) 산업안전보건법
- 3) 고용노동부 (2017) 산업안전보건기준에 관한 규칙
- 4) 고용노동부 (2017) 산업안전보건법 시행 규칙
- 5) 고용노동부 (2017) 산업재해통계
- 6) 고용노동부 (2014) 작업환경실태조사 자료
- 7) 고용노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(고용노동부 고시 2016-41호)
- 8) 고용노동부. 전국 제조업체 작업환경 일제조사. 2014
- 9) 고용노동부. 산업재해예방 안전보건공단 - MSDA/GHS 정보검색.
<http://www.kosha.or.kr/msds/msdsMain.do?menuId=69>
- 10) 고용노동부. 산업안전보건법(시행령 2016, 시행규칙 2017).
- 11) 고용노동부. 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시(고용노동부고시 제2017-27호). 2017.
- 12) 김치년, 노재훈, 최호춘, 정지연, 황병문, 김기연. 허용기준 제정물질의 작업환경측정 및 분석에 관한 비교 “6가 크롬, 포름알데히드,

- TDI". 한국산업안전공단 연구보고서. 2009
- 13) 김치년, 노재훈, 원종욱, 김현수, 김기연, 고한중. 화학물질 노출기준 제개정(안) 연구 및 물질별 산업보건 편람 작성(Ⅱ). 안전보건공단 연구보고서. 2008
 - 14) 김치년, 노재훈, 양지연, 김기연, 배문주, 김현수, 정우진. 노출기준 설정 화학물질의 산안법 관리수준 결정을 위한 유해성 평가(Ⅰ). 안전보건공단 연구보고서. 2013
 - 15) 김형아, 박용규, 양원호, 이채관. 노출기준 설정 화학물질의 산안법 관리수준 결정을 위한 유해성 평가(Ⅱ). 안전보건공단 연구보고서. 2013
 - 16) 김기연, 노영만, 김화일, 김태윤, 정우진. 허용기준 기 설정대상 유해인자의 허용기준 개정을 위한 유해성위험성 평가 및 사회성경제성 평가 연구. 안전보건공단 연구보고서. 2014
 - 17) 김태윤, 이은정, 김주찬. 특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가연구. 산업안전보건연구원. 2014
 - 18) 노영만, 김치년, 홍종호, 김기연, 이철민. 작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준수준에 관한 연구. 안전보건공단 연구보고서. 2006
 - 19) 변상훈, 이은정, 김우영, 심상호. 허용기준 설정물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구. 안전보건공단 연구보고서. 2015
 - 20) 신용철, 박세진, 김정원. 영국의 화학물질 노출기준에 관한 연구. 안전보건공단 연구보고서. 2012

- 21) 이세훈, 김형아. 임현우, 정혜선, 김형렬. 화학물질 노출기준 제·개정 연구(트리클로로에틸렌). 안전보건공단 연구보고서. 2006
- 22) 이권섭, 임철홍, 이종한, 이혜진, 양정선, 노영만, 국원근. GHS 화학물질 분류기준과 분류결과의 비교 및 화학물질 정보자료의 활용방법 연구. 한국산업위생학회지. 18(1):62-71, 2008
- 23) 이권섭, 조지훈, 최진희, 신현화, 양정선. 산업안전보건법에 의한 관리대상 유해물질 선정의 타당성 연구. 한국산업위생학회지. 2009;19(2);13 9-155
- 24) 피영규, 최상준, 정종현, 국원근, 정춘화, 심상효, 임무혁. 산업안전보건법 상 화학물질 규제수준별 기준 마련 및 선정 타당성 등에 관한 연구. 안전보건공단 연구보고서. 2011
- 25) 한국개발연구원, 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제5판), 2008.
- 26) 한국과학기술기획평가원, 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침[제2-1판], 2016
- 27) 한국산업안전공단, 산업재해원인조사(업무상사고), 2014
- 28) 한국산업안전공단, 산업재해원인조사(업무상질병), 2014
- 29) 한국산업안전보건연구원. 화학물질의 유해성·위험성 평가 지침 (KOSHA GUIDE W-6-2016). 한국산업안전보건연구원. 2016
- 30) Amor AJ: Bericht über den Internationalen Kongress für Unfallmedizin und Berufskrankheiten, Vol 2. Frankfurt AM 1938. Thieme, Leipzig 1939.

- 31) American Industrial Hygiene Association: Hygienic Guide Series
- Aniline. AIHA, Akron, OH 1955.
- 32) Ayres, S. M., S. Gianelli Jr., R. G. Armstrong: Science 1965. 149,
193
- 33) Axelrod J; Daly J: Pituitary gland. Enzymic formation of ethanol
from S-adenosyl methionine. Science 1965. 150:892 - 893
- 34) Ayres, S. M., H. S. Mueller, J. J. Gregory, S. Gianelli, J. L.
Penny: Arch. environm. Hlth 1969. 18, 699
- 35) Ayers, S.M.; Gianelli, S.J.; Mueller, H.S.: Myocardial and
Systemic Responses to Carboxyhemoglobin. Ann. N.Y. Acad. Sci.
1970. 74(1):268 - 293
- 36) Anderson, E. W., J. M. Strauch, J. Knelson, N. Fortuin:
Circulation 1971. 44, 135
- 37) Aronow, W. S., C. N. Harris, M. W. Isbell, S. N. Rokaw, B.
Imparato: Ann. intern. Med. 1972. 77, 669
- 38) Anderson, E.W.; Andelman, R.J.; Strauch, J.M.; et al.: Effect of
Low-Level Carbon Monoxide Exposure on Onset and Duration of
Angina Pectoris. Ann. Intern. Med. 1973. 79:46 - 50
- 39) Aronow, W. S., M. W. Isbell: Ann. intern. Med. 1973. 79, 392
- 40) Anderson, E. W., R. A. Andelman, J. M. Strauch, N. J. Fortuin,
J. H. Knelson: Ann. intern. Med. 1973. 79, 46

- 41) Alarie, Y.: Sensory Irritation of the Upper Airways by Airborne Chemicals. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 1973. 24:279 - 297
- 42) Aronow, W. S., E. A. Stemmer, M. W. Isbell: *Circulation* 1974. 49, 415
- 43) Angelini G, Rantuccio F, Meneghini CL Contact dermatitis in patients with leg ulcers. *Contact Dermatitis* 1975. 1: 81 - 87
- 44) Alexandersson, R.: Studies on Effects of Exposure to Cobalt. II. Reactions of the Respiratory Organs to Various Exposure Levels in the Hard Metal Industry. *Arbete och Halsa* No. 2 (in Swedish with English summary) 1979.
- 45) Alexandersson, R.: Studies on Effects of Exposure to Cobalt. VI. Exposure, Uptake and Pulmonary Effects of Cobalt in the Hard Metal Industry. *Arbete och Halsa* No. 10 (in Swedish with English summary) 1979.
- 46) Alexandersson, R.; Hedenstierna, G.: Studies on the Effects of Exposure to Cobalt. III. Ventilation Capacity, Distribution of Inhaled Gas, and Closing of Respiratory Passages During On-Going Work and After Periods of Non-Exposure. *Arbete och Halsa* No. 7 (in Swedish with English summary) 1979.
- 47) Alexandersson, R.; Atterhog, J.M.: Studies of the Effects of Cobalt in the Swedish Hard Metal Industry. VII. *Arbete och Halsa* No. 9 (in Swedish with English summary) 1980.
- 48) Andersson, H.C.; Tranberg, E.A.; Uggla, A.H.; et al.:

- Chromosomal Aberrations and Sister-Chromatid Exchanges in Lymphocytes of Men Occupationally Exposed to Styrene in a Plastic Boat Factory. *Mutat. Res.* 1980. 73:387 - 401
- 49) Alarie, Y.: Bioassay for Evaluating the Potency of Airborne Sensory Irritants and Predicting Acceptable Levels of Exposure in Man. *Food Cosmet. Toxicol.* 1981. 19:623 - 626
- 50) Albers, J.W.; Cavender, G.D.; Levine, S.P.; Langolf, G.D.: Asymptomatic Sensomotor Polyneuropathy in Workers Exposed to Elemental Mercury. *Neurology* 1982. 32:1168 - 1174
- 51) Adams, C.R.; Ziegler, D.; Lin, J.: Mercury Intoxication Simulating Amyotrophic Lateral Sclerosis. *JAMA* 1983. 250:642 - 643
- 52) Alexandersson, R.; Atterhog, J.M.: Comparison of Electrocardiograms Among Wet Grinders in Swedish Hard Metal Industry Before and After Four Weeks Holiday. *Arbete och Halsa* No. 18 (in Swedish with English summary) 1983.
- 53) Abraham, J.E.; Svare, C.W.; Frank, C.W.: The Effect of Dental Amalgam Restoration on Blood Mercury Levels. *J. Dent. Res.* 1984. 63:71 - 73
- 54) Atkins, E.H.; Baker, E.L.: Exacerbation of Coronary Artery Disease by Occupational Carbon Monoxide Exposure: A Report of Two Fatalities and a Review of the Literature. *Am. J. Ind. Med.* 1985. 7:73 - 79
- 55) Ahlborg, G.; Bjerkedal, T.; Egenaes, J.: Delivery Outcome Among

- Women Employed in the Plastics Industry in Sweden and Norway. Am. J. Ind. Med. 1987. 12:507 - 517
- 56) Albers, J.W.; Kallenbach, L.R.; Fiine, L.J.; et al.: Neurological Abnormalities Associated with Remote Occupational Elemental Mercury Exposure. Ann. Neurol. 1988. 24:651 - 659
- 57) Alcsér, K.H.; Brix, K.A.; Fine, L.J.; et al.: Occupational Mercury Exposure and Male Reproductive Health. Am. J. Ind. Med. 1989. 15:517 - 529
- 58) Allred, E.N.; et al.: Short-Term Effects of Carbon Monoxide Exposure on the Exercise Performance of Subjects with Coronary Artery Disease. N. Engl. J. Med. 1989. 321:1426 - 1432
- 59) Auchincloss, J.H.; Abraham, J.L.; Gilbert, R.; et al.: Health Hazard of Poorly Regulated Exposure During Manufacture of Cemented Tungsten Carbides and Cobalt. Br. J. Ind. Med. 1992. 49:832 - 836
- 60) American Conference of Governmental and Industrial Hygienists: Carbon Monoxide—Recommended BEI 1996.
- 61) Anttila A; Pukkala E; Riala R; et al.: Cancer incidence among Finnish workers exposed to aromatic hydrocarbons. Int Arch Occup Environ Health 1998. 71:187 - 193
- 62) Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): Toxicological Profile for Manganese. US Department of Health and Human Services. Pub 2000. No PB2000108025

- 63) Antonini JM: Health effects of welding. Crit Rev Toxicol 2003. 33:61 - 103
- 64) American Conference of Governmental industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. Cincinnati OH. 2005~2006
- 65) A division of the American Chemical Society(CAS). CHEMLIST(Regulated Chemicals). Availible from: <http://www.cas.org/index.html> 2008.8.
- 66) Axelsson G; Lutz C; Rylander R: Exposure to solvents and outcome of pregnancy in university
- 67) Bonnevie P Aetiologie und Pathogenese der Ekzemkrankheiten (Etiology and pathogenesis of dermatitis) (German), JA Barth, Leipzig, 1939. 217
- 68) Brieger H, Rieders F, Hodes WA Acrylonitrile; spectrophotometric determination, acute toxicity, and mechanism of action. Arch Ind Hyg 1952. 6: 128 - 140
- 69) Beck, A.O.; Kipling, M.D.; Heather, J.C.: Hard Metal Disease. Br. J. Ind. Med. 1962. 19:239 - 252
- 70) Browning E: Toxicity and Metabolism of Organic Solvents, Elsevier Publishing Co, Amsterdam 1965. pp 311 - 323
- 71) Beard, R. R., G. A. Wertheim: Amer. J. publ. Hlth 1967. 57, 2012
- 72) Bomski, H.; Sobolewska, A.; Strakowski, A.: Toxic Damage of

- the Liver by Chloroform in Chemical Industry Workers. Arch. Gewerbepath. u. Gewerbehyg. 1967. 24:127 - 134
- 73) Bomski, H.; Sobolewska, A.; Strakowski, A.: Toxic Damage of the Liver by Chloroform in Chemical Industry Workers. Arch. Gewerbepath. u. Gewerbehyg. 1967. 24:127 - 134
- 74) Bruin, A. de: Arch. environm. Hlth 1967. 15, 384
- 75) Berger, M.; Fodor, G.G.: CNS Disorder Under the Influence of Air Mixtures Containing Dichloromethane. Zentralbl. Bakteriol. 1968. 215:517
- 76) Brody, J. S., R. F. Coburn: Science 1969. 164, 1297
- 77) Bass M: Sudden sniffing death. JAMA 1970. 212:2075 - 2079
- 78) Beard, R. R., N. Grandstaff: New York Academy of Sciences Conference on Biological Effects of Carbon Monoxide. New York City 1970.
- 79) Bayliss DL; Lainhart WS; Crally LJ; et al.: Mortality patterns in a group of former beryllium workers. In: Proceedings of the American Conference of Governmental Industrial Hygienists 33rd Annual Meeting, Toronto, Canada, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®), Cincinnati, OH 1971. pp 94 - 107.
- 80) Bender, W., M. Göthert, G. Malorny: Staub-Reinhalt. Luft 1972. 32, 175

- 81) Balda BR Acrylnitril als Kontaktallergen (Acrylonitrile as a contact allergen) (German). Hautarzt 1975. 26: 599 - 601
- 82) Boor JW; Hurtig HI: Persistent cerebellar ataxia after exposure to toluene. Ann Neurol 1977. 2:440 - 442
- 83) Barber, R.E.: Inorganic Mercury Intoxication Reminiscent of Amyotrophic Lateral Sclerosis. J. Occup. Med. 1978. 20:667 - 669
- 84) Becker, L.D.; Haak, Jr., E.D.: Augmentation of Myocardial Ischemia by Low-Level Carbon Monoxide Exposure in Dogs. Arch. Environ. Health 1979. 34(4):274 - 279
- 85) Bidstrup, P.L.: Toxicity of Mercury and Its Compounds. Elsevier Publishing Company, London 1980.
- 86) Buchet, J.P.; Roels, H.; Bernard, A.; et al.: Assessment of Renal Function of Workers Exposed to Inorganic Lead, Cadmium or Mercury Vapor. J. Occup. Med. 1980. 22:741 - 751
- 87) Beard, R.R.; Noe, J.T.: Aromatic Nitro and Amino Compounds. In: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3rd Rev. ed., Vol. 2A, Toxicology, John Wiley & Sons, New York 1981. pp. 2413 - 2459
- 88) Baelum J; Andersen IB; Lundqvist GR; et al.: Response of solvent-exposed printers and unexposed controls to six-hour toluene exposure. Scand J Work Environ Health 1985. 11:271 - 80
- 89) Brodsky, J.B.; Cohen, E.N.; Whitcher, C.; et al.: Occupational

- Exposure to Mercury in Dentistry and Pregnancy Outcome. J. Am. Dent. Assoc. 1985. 111:779 - 780
- 90) Brugnone F; De Rosa E; Perbellini L; Bartolucci GB: Toluene concentrations in the blood and alveolar air of workers during the workshift and the morning after. Br J Ind Med 1986. 43:56 - 61
- 91) Brugnone F; De Rosa E; Perbellini L; Bartolucci GB: Toluene concentrations in the blood and alveolar air of workers during the workshift and the morning after. Br J Ind Med 1986. 43:56 - 61
- 92) Barber, T.E.; Wallis, G.: Correction of Urinary Mercury Concentration by Specific Gravity, Osmolality, and Creatinine. J. Occup. Med. 1986. 28:355
- 93) Bunn, W.B.; McGill, C.M.; Barber, T.E.; et al.: Mercury Exposure in Chloroalkali Plants. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1986. 47:249 - 254
- 94) Bigner, D.D.; Bigner, S.H.; Burger, P.C.; et al.: Primary Brain Tumours in Fischer 344 Rats Chronically Exposed to Acrylonitrile in Their Drinking Water. Food Chem. Toxicol. 1986. 24:129 - 137
- 95) Berode, M.; Boillat, M.A.; Droz, P.O.; et al.: Effect of Alcohol on the Kinetics of Styrene and Its Metabolites in Volunteers and in Workers. Appl. Ind. Hyg. 1986. 1:25 - 28
- 96) Benignus, V.A.; Muller, K.E.; Barton, C.N.; Prah, J.D.: Effect of

- Low Level Carbon Monoxide on Compensatory Tracking and Event Monitoring. *Neurotoxicol. Teratol.* 1987. 9:227 - 234
- 97) Burton, E.M.; Weaver, D.L.: Repeated Systemic Mercury Embolization. *South. Med. J.* 1988 81:1190 - 1192
- 98) Berglund, A.; Pohl, L.; Olsson, S.; Bergman, M.: Determination of the Rate of Release of Intra-Oral Mercury Vapor from Amalgam. *J. Dent. Res.* 1988. 67:1235 - 1242
- 99) Barregard, L.; Hultberg, B.; Schutz, A.; Sallsten, G.: Enzymuria in Workers Exposed to Inorganic Mercury. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1988. 61:65 - 69
- 100) Bunnell, D.E.; Horvath, S.M.: Interactive Effects of Physical Work and Carbon Monoxide on Cognitive Task Performance. *Aviat. Space Environ. Med.* 1988. 59:1133 - 1138
- 101) Bond, J.A.: Review of the Toxicology of Styrene. *Crit. Rev. Toxicol.* 1989. 19(3):227 - 249
- 102) Baelum J: Toluene in alveolar air during controlled exposure to constant and to varying concentrations. *Int Arch Occup Environ Health* 1990. 62:59 - 64
- 103) Barregard, L.; Sallstern, G.; Jarvholm, B.: Mortality and Cancer Incidence in Chloralkali Workers Exposed to Inorganic Mercury. *Br. J. Ind. Med.* 1990. 47:99 - 104
- 104) Bakker JG, Jongen SMJ, van Neer FCJ, Neis JM Occupational

- contact dermatitis due to acrylonitrile. *Contact Dermatitis* 1991. 24: 50 - 53
- 105) Bergmark E, Callemann CJ, He F, Costa LG Determination of hemoglobin adducts in humans occupationally exposed to acrylamide. *Toxicol Appl Pharmacol* 1993. 120: 45 - 54
- 106) Blair, A.; Stewart, P.A.; Zaubst, D.D.; et al.: Mortality Study of Industrial Workers Exposed to Acrylonitrile. *Scand. J. Work Environ. Health* 1998. 24(Suppl. 2):25 - 41
- 107) Bond, J.A.; Medinsky, M.A.: Assessing Interactive Effects from Exposures to Chemical Mixtures. *CIITActivities* 1993. 13:1 - 5
- 108) Bukowski JA: Review of the epidemiological evidence relating toluene to reproductive outcomes. *Regul Toxicol Pharmacol* 2001. 33:147 - 156
- 109) Bast-Pettersen R; Ellingsen DG; Hetland SM; et al.: Neuropsychological function in manganese alloy plant workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2004. 77:277 - 287
- 110) Bowler RM; Gysens S; Diamond E; et al.: Manganese exposure: neuropsychological and neurological symptoms and effects in welders. *Neurotoxicology* 2006. 27:315 - 326
- 111) Bouchard M; Mergler D; Baldwin M; et al.: Neuropsychiatric symptoms and past manganese exposure in a ferro-alloy plant. *Neurotoxicology* 2007. 28:290 - 297

- 112) Bouchard M; Mergler D; Baldwin M; et al.: Neurobehavioral functioning after cessation of manganese exposure: a follow-up after 14 years. *Am J Indust Med* 2007. 50: 831 - 840
- 113) Blond M; Netterstrom B: Neuromotor function in a cohort of Danish steel workers. *Neurotoxicology* 2007. 28:328 - 335
- 114) Blond M; Netterstrom B; Laursen P: Cognitive function in a cohort of Danish steel workers. *Neurotoxicology* 2007. 28:336 - 344
- 115) Carpenter, C.P.; Shaffer, C.B.; Weil, C.S.; Smyth, Jr., H.F.: Studies on the Inhalation of 1,3-Butadiene with a Comparison of Its Narcotic Effect with Benzol, Toluol, and Styrene, and a Note on the Elimination of Styrene by the Human. *J. Ind. Hyg. Toxicol.* 1944. 26:69 - 78
- 116) Curtis GH: Cutaneous hypersensitivity due to beryllium. *Arch Dermatol Syphilol* 1951. 64:470 - 482
- 117) Chief Inspector of Factories: Annual Report of the Chief Inspector of Factories for the year 1950, HMSO, London 1952. p 145
- 118) Challen, P.J.R.; Hickish, D.E.; Bedfor, J.: Chronic Chloroform Intoxication. *Br. J. Ind. Med.* 1958. 15:243 - 249
- 119) Clayton, G. D., W. A. Cook, W. G. Fredrick: *Amer. industr. Hyg. Ass. J.* 1960. 21, 46

- 120) Coburn, R.F.; Forster, R.E.; Kane, P.B.: Considerations of the Physiological Variables that Determine the Blood Carboxyhemoglobin Concentration in Man. J. Clin. Invest. 1965. 44(1):1899 - 1910
- 121) Chevalier, R. B., R. A. Krumholz, J. C. Ross: J. Amer. med. Ass. 1966. 198, 1061
- 122) Chovin, P.: Environm. Res. 1967. 1, 198
- 123) Coburn, R.F.: Endogenous Carbon Monoxide Production. N. Engl. J. Med. 1970. 282(4):207 - 209
- 124) Cohen, S. I., G. Dorion, J. R. Goldsmith, S. Permutt: Arch. environm. Hlth 1971. 22, 47
- 125) Coates, E.O.; Watson, J.H.L.: Diffuse Interstitial Lung Disease in Tungsten Carbide Workers. Ann. Inter. Med. 1971. 75:709 - 716
- 126) Chmielewski, J.; Mikulski, P.; Uselis, J.; et al.: Rating of the Exposure to Styrene of Persons Working at the Production of Polyester Laminates. Biull. Inst. Med. Morskiej Gdansku 1973. 24:57 - 209
- 127) Coates, E.O.; Watson, J.H.L.: Pathology of the Lung in Tungsten Carbide Workers Using Light and Electron Microscopy. J. Occup. Med. 1973. 15:283 - 286
- 128) Chmielewski, J.; Renke, W.: Clinical and Experimental Research into the Pathogenesis of the Toxic Effects of Styrene. III.

- Morphology, Coagulation and Fibrinolysis Systems of the Blood in Persons Exposed to the Action of Styrene During Their Work. Biull. Inst. Med. Morskiej 1975. 26:299 - 302
- 129) Calas E, Castelain PY, Piriou A Epidemiologie des dermatoses de contact a Marseille (Epidemiology of contact dermatitis in Marseilles) (French). Ann Dermatol Venereol (Paris) 1978. 105: 345 - 347
- 130) Cherry, N.M.; Waldron, H.A.; Wells, G.G.; et al.: An Investigation of the Acute Behavioural Effects of Styrene on Factory Workers. Br. J. Ind. Med. 1980. 37:234 - 240
- 131) Cherry N, Venables H, Waldron HA, Wells GG Some observations on workers exposed to methylene chloride. Br J Ind Med 1981. 38: 351 - 355
- 132) Cherry, N.; Venables, H.; Waldron, H.A.: The Acute Behavioral Effects of Solvent Exposure. J. Soc. Occup. Med. 1983. 33:13 - 18
- 133) Cherry N, Venables H, Waldron HA The acute behavioural effects of solvent exposure. J Soc Occup Med 1983. 33: 13 - 18
- 134) Cragle, D.; Hollis, D.; Qualters, J.; et al.: A Mortality Study of Men Exposed to Elemental Mercury. J. Occup. Med. 1984. 26:817 - 821
- 135) Chikasue F; Okamoto I; Miyazaki T; et al.: A case of death after glue sniffing. Hiroshima J Med Sci 1985. 34:419 - 423

- 136) Campbell, J.R.; Clarkson, T.W.; Omar, M.D.: The Therapeutic Use of 2,3-Dimercaptopropane-1-sulfonate in Two Cases of Inorganic Mercury Poisoning. JAMA 1986. 256:3127
- 137) Chia SE; Tan KT; Kwok SK: A study on the health hazard of toluene in the polythene printing industry in Singapore. Ann Acad Med Singapore 1987. 16:294 - 299
- 138) Curtis, H.A.; Ferguson, S.D.; Kell, R.L.; Samuel, A.H.: Mercury as a Health Hazard. Arch. Dis. Child. 1987. 62:293 - 295
- 139) Cullen MR; Kominsky JR; Rossman MD; et al.: Chronic beryllium disease in a precious metal refinery. Clinical epidemiologic and immunologic evidence for continuing risk from exposure to low level beryllium fume. Am Rev Resp Dis 1987. 135:201 - 208
- 140) Contrino, J.; Marucha, P.; Ribaud, R.; et al.: Effects of Mercury on Human Polymorphonuclear Leukocyte Function in vitro. Am. J. Pathol. 1988. 132:110 - 118
- 141) Cherry, N.M.; Gautrin, D.: Neurotoxic Effects of Styrene: Further Evidence. Br. J. Ind. Med. 1990. 47:29 - 37
- 142) Centers for Disease Control: Acute and Chronic Poisoning from Residential Exposures to Elemental Mercury Michigan, 1989 - 1990. Morbidity and Mortality Weekly Report 1991.06.14. 40(23):393 - 395
- 143) Cordier, S.; Deplan, F.; Mandereau, L.; Hemon, D.: Paternal

- Exposure to Mercury and Spontaneous Abortions. *Br. J. Ind. Med.* 1991. 48:375 - 381
- 144) Checkoway, H.; Costa, L.G.; Camp, J.; et al.: Peripheral Markers of Neurochemical Function Among Workers Exposed to Styrene. *Br. J. Ind. Med.* 1992. 49:560 - 565
- 145) Chia SE; Ong WH; Phoon WH; et al.: Neurobehavioral effect on workers in a video tape manufacturing factory in Singapore. *Neurotoxicology* 1993. 14:51 - 56
- 146) Coggon, D.: Epidemiological Studies of Styrene- Exposed Populations. *Crit. Rev. Toxicol.* 1994. 24(S1):S107 - S115
- 147) Campagna, D.; Mergler, D.; Huel, G.; et al.: Visual Dysfunction Among Styrene-Exposed Workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 1995. 21(5):382 - 390
- 148) Calabrese, G.; Martini, A.; Sessa, G.; et al.: Otoneurological Study in Workers Exposed to Styrene in the Fiberglass Industry. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1996. 68:219 - 223
- 149) Campagna, D.; Gobba, F.; Mergler, D.; et al.: Color Vision Loss Among Styrene-Exposed Workers Neurotoxicological Threshold Assessment. *Neurotoxicology* 1996. 17(2):367 - 373
- 150) Crump KS; Rousseau P: Results from 11 years of neurological health surveillance at a manganese oxide and salt producing plant. *Neurotoxicology* 1999. 20:287 - 298

- 151) Cavalleri A; Gobba F; Nicali E; Fiocchi V: Dose-related color vision impairment in toluene-exposed workers. Arch Environ Health 2000. 55:399 - 404
- 152) Clewell HJ; Lawrence GA; Calne DB; et al.: Determination of an occupational exposure guideline for manganese using the benchmark method. Risk Anal 2003. 23:1031 - 1046
- 153) Cerosimo MG; Koller WC: The diagnosis of manganese induced Parkinsonism. Neurotoxicology 2006. 27:340 - 346
- 154) Cummings KJ; Deubner DC; Day GA; et al.: Enhanced preventative programme at a beryllium oxide ceramic facility reduces beryllium sensitisation among new workers. Occup Environ Med 2007. 64:134 - 140
- 155) Campagna D; Stengel B; Mergler D; et al.: Color vision and occupational toluene exposure.
- 156) Dudley, H.C.; Neal, P.A.: Toxicology of Acrylonitrile (Vinyl Cyanide). I. A Study of the Acute Toxicity. J. Ind. Hyg. Toxicol. 1942. 24:27 - 36
- 157) Doll R: Cancer of the lung and nose in nickel workers. Br J Ind Med 1958. 15:217 - 223
- 158) Dutkiewicz, T.: The Absorption and Metabolism of Aniline in Man. Societas Scientiarum Lodziensis, Lods, Poland 1962.
- 159) Drinkwater, B.L.; Raven, P.D.; Horvath, S.M.; et al.: Air

- Pollution, Exercise, and Heat Stress. Arch. Environ. Health 1974. 28:177 - 181
- 160) Doll R; Mathews JD; Morgan LG: Cancer of the lung and nasal sinuses in nickel workers: A reassessment of the period of risk. Br J Ind Med 1977. 34:102 - 105
- 161) Dick RB; Setzer JV; Wait R; et al. Effects of acute exposure of toluene and methyl ethyl ketone on psychomotor performance. Int Arch Occup Environ Health 1984. 54:91 - 109
- 162) Dolaro, P.; Caderni, G.; Lodovici, M.; et al.: Determination of Styrene in the Urine of Workers Manufacturing Polystyrene Plastics. Ann. Occup. Hyg. 1984. 28:195 - 199
- 163) Demedts, M.; Gheysens, B.; Nagels, J.; et al.: Case Reports - Cobalt Lung in Diamond Polishers. Am. Rev. Respir. Dis. 1984. 130:130 - 135
- 164) DeJong, G.; van Sittert, N.J.; Natarajan, A.T.: Cytogenetic Monitoring of Industrial Populations Potentially Exposed to Genotoxic Chemicals and of Control Populations. Mutat. Res. 1988. 204:451 - 464
- 165) Dosemeci, M.; Coddio, P.; Gomez, M.; et al.: Effects of Three Features of a Job-Exposure Matrix on Risk Estimates. Epidemiology 1994. 5:124 - 127
- 166) DeRosa, E.; Cellini, M.; Sessa, G.; et al.: The Importance of Sampling Time and Coexposure to Acetone in the Biological

- Monitoring of Styrene- Exposed Workers. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1996. 11:471 - 475
- 167) Deubner D; Kent M: Keeping beryllium workers safe: An enhanced preventative model. J Occup Environ Hyg 2007. 4:D23 - D30
- 168) Eriksen SP; Kulkarni AB: Methanol in normal human breath. Science 1963. 141:639 - 640
- 169) Esso Research and Engineering Co: Acute inhalation and human sensory irritation studies on cyclopentanone, isophorone, dihydroisophorone, cyclohexanone, and methyl isobutyl ketone. NTIS/OTS 02206266; cited in reference 1965.
- 170) El-Sadik, Y.M.; El-Dakhakhny, A.A.: Effects of Exposure of Workers to Mercury at a Sodium Hydroxide Producing Plant. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1970. 31:705 - 710
- 171) Engstrom, K.; Harkonen, H.; Kalliokoski, P.; et al.: Urinary Mandelic Acid Concentration after Occupational Exposure to Styrene and Its Use as a Biological Exposure Test. Scand. J. Work Environ. Health 1976. 2:21 - 26
- 172) Ebner H, Lindemayr H Ulcus cruris und allergisches Kontaktekzem (Leg ulcer and allergic eczematous contact dermatitis) (German). Wien Klin Wochenschr 1977. 89: 184 - 188
- 173) Engstrom, J.; Astrand, I.; Wigaeus, E.: Exposure to Styrene in a Polymerization Plant. Uptake in the Organism and

- Concentration in Subcutaneous Adipose Tissue. Scand. J. Work Environ. Health 1978. 4:324 - 329
- 174) Eberhartinger C Beobachtungen zur Häufigkeit von Kontaktallergien (Comments on the incidence of contact allergy) (German). Z Hautkr 1984. 59: 1283 - 1289
- 175) Edling, C.; Ekberg, K.: No Acute Behavioral Effects of Exposure to Styrene: A Safe Level of Exposure? Br. J. Ind. Med. 1985. 42:301 - 304
- 176) Enders F frequency of patch test reactions in 12993 patients of the dermatological clinic and outpatient department of the iniversity munich from 1986. 1977-1983
- 177) Echeverria D; Fine L; Langolf G; et al.: Acute neurobehavioural effects of toluene. Br J Ind Med 1989. 46:483 - 495
- 178) Erfurth, E.M.; Schutz, A.; Nilsson, A.; et al.: Normal Pituitary Hormone Response to Thyrotrophin and Gonadotrophin Releasing Hormones in Subjects Exposed to Elemental Mercury Vapour. Br. J. Ind. Med. 1990. 47:639 - 644
- 179) Ehrenberg, R.L.; Vogt, R.L.; Smith, A.B.; et al.: Effects of Elemental Mercury Exposure at a Thermometer Plant. Am. J. Ind. Med. 1991. 19:495 - 507
- 180) Eguchi, T.; Kishi, R.; Harabuchi, I.; et al.: Impaired Colour Vision Among Workers Exposed to Styrene: Relevance of a Urinary Metabolite. Occup. Environ. Med. 1995. 52:534 - 538

- 181) Evers, A.S.: Cellular and Molecular Mechanisms of Anesthesia.
In: Clinical Anesthesia. P.G. Barash, et. al., Eds. Lippincott -
Raven Publishers, Philadelphia 1996.
- 182) Eisenbud M; Kotin P; Miller F; et al.: Is beryllium carcinogenic
in humans? J Occup Environ Med 1997. 39:205 - 208
- 183) Ellingsen DG; Konstantinov R; Bast-Pettersen R; et al.:
Neurobehavioral study of current and former welders exposed
to manganese. Neurotoxicology 2008. 29:48 - 59
- 184) Forbes, W. H., D. Dill, H. Silva, F. H. Deventer: J. industr. Hyg.
1937. 19, 598
- 185) Flinn RH; Neal PA; Reinhart WH; et al.: Chronic Manganese
Poisoning in an Ore-Crushing Mill. US Public Health Service
(PHS) Bulletin No 247. US PHS, Washington, DC 1940.
- 186) Fairhall LT; Neal PA: Industrial Manganese Poisoning. National
Institutes of Health (NIH) Bulletin. NIH, Washington, DC 1943.
No 182
- 187) Fairhall, L.T.: Industrial Toxicology. The Williams & Wilkins
Co., Baltimore, MD 1949.
- 188) Fairhall, L.T.; Keenan, R.G.; Brinton, H.P.: Cobalt and the Dust
Environment of the Cemented Tungsten Carbide Industry. Pub.
Health Rep. 1949. 64:485 - 490
- 189) Freiman DG; Hardy HL: Beryllium disease. The relation of

- pulmonary pathology to clinical course and prognosis based on a study of 130 cases from the US Beryllium Case Registry. Hum Pathol 1970. 1(1):25 - 44
- 190) Forni A: Chromosome studies in workers exposed to benzene or toluene or both. Arch Environ Health 1971. 22:373-378
- 191) Fodor, G. G., G. Winneke: Staub-Reinhalt. Luft 1972. 32, 169
- 192) Foa, L.; Caimi, L.; Amante, L.; et al.: Patterns of Some Lysosomal Enzymes in the Plasma and of Proteins in Urine of Workers Exposed to Inorganic Mercury. Int. Arch. Occup. Environ. Health 1976. 37:115 - 124
- 193) Fawer, R.F.; DeRibaupierre, Y.; Guillemin, M.P.; et al.: Measurement of Hand Tremor Induced by Industrial Exposure to Metallic Mercury. Br. J. Ind. Med. 1983. 40:204 - 208
- 194) Foulds, D.M.; Copeland, K.; Franks, R.: Mercury Poisoning and Acrodynia. Am. J. Dis. Child. 1987. 141:124 - 125
- 195) Foo SC; Jeyaratnam J; Koh D: Chronic neurobehavioural effects of toluene. Br J Ind Med 1990. 47:480 - 484
- 196) Fallas, C.; Fallas, J.; Maslard, P.; et al.: Subclinical Impairment of Colour Vision Among Workers Exposed to Styrene. Br. J. Ind. Med. 1992. 49:679 - 682
- 197) Fischbein, A.; Jun - Chyuan, J.L.; Solomon, S.J.; et al.: Clinical Findings Among Hard Metal Workers. Br. J. Ind. Med. 1992.

49:17 - 24

- 198) Filley CM; Halliday W; Kleinschmidt-DeMasters BK: The effects of toluene on the central nervous system. J Neuropathol Exp Neurol 2004. 63:1 - 12
- 199) Fitsanakis VA; Zhang N; Avison MJ; et al.: The use of magnetic resonance imaging (MRI) in the study of manganese neurotoxicity. Neurotoxicology 2006. 27:798 - 806
- 200) Grabski DA: Geriatric in-patients. the precipitating cause of admittance to the state hospital. Calif Med 1961. 94:178 - 180
- 201) Grudzinska, B.: Folia med. Cracov 1963. 5, 493
- 202) Groll-Knapp, E., H. Wagner, H. Hauck, M. Haider: Staub-Reinhalt. Luft 1972. 32, 185
- 203) Gamberale, F.; Hultengren, M.: Exposure to Styrene. II. Psychological Functions. Work Environ. Health 1974. 11:86 - 93
- 204) Gamberale F, Annwall G, Hultengren M Exposure to methylene chloride. II. Psychological functions. Scand J Work Environ Health 1975. 2: 95 - 103
- 205) Gamberale, F.; Lisper, H.O.; Olson, B.A.: The Effect of Styrene Vapour on the Reaction Time of Workers in the Plastic Boat Industry. In: Adverse Effects of Environmental Chemicals and Psychotropic Drugs, M. Horvath et al., Eds. Elsevier, Amsterdam 1976. pp. 135 - 148

- 206) Gatti, G.L.; Macri, A.; Silano, V.: Biological and Health Effects of Mercury. In: Trace Metals: Exposure and Health Effects, pp. 73 - 89. E. deFerranta, Ed. Proceedings of the Research Seminar held at the University of Surry, Guildford, United Kingdom. Commission of the European Communities. Pub. EUR 6389 en. Pergamon Press, New York 1979.
- 207) Greener Y; Martis L; Indacochea-Redmond N: Assessment of the toxicity of cyclohexanone administered intravenously to Wistar and Gunn rats. J Toxicol Environ Health 1982. 10:385 - 396
- 208) Gosselin RE; Smith RP; Hodge HC: Clinical Toxicology of Commercial Products, Section III, Therapeutics Index, Williams & Wilkins, Baltimore 1984. pp 275 - 279
- 209) Gosselin RE; Smith RP; Hodge HC: Clinical Toxicology of Commercial Products, Section III, -Therapeutics Index, Williams & Wilkins, Baltimore 1984. pp 275 - 279
- 210) Ginsberg, M.D.: Carbon Monoxide Intoxication: Clinical Features, Neuropathology and Mechanisms of Injury. Clin. Toxicol. 1985. 23(4 - 6):281 - 288
- 211) Guillemin, M.P.; Berode, M.: Biological Monitoring of Styrene. A Review. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1988. 49:497 - 505
- 212) Guillemin, M.P.; Berode, M.: Biological Monitoring of Styrene. A Review. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1988. 49:497 - 505

- 213) Greenberg, G.N.; Levine, R.J.: Urinary Creatinine Excretion Is Not Stable: A New Method for Assessing Urinary Toxic Substance Concentrations. *J. Occup. Med.* 1989. 31:832 - 838

- 214) Grigoreva IK Study of the activities on membrane-bound leukocyte enzymes in chronic acrylonitrile intoxication under experimental and industrial conditions. *Gig Tr Prof Zabol* 1990. 11: 8 - 31

- 215) GDCh-Advisory Committee on Existing Chemicals of Environmental Relevance: Styrene (Ethenylbenzene). BUA Report 48. Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe. VCH Publishers, New York 1990.

- 216) Gobba, F.; Galassi, C.; Imbriani, M.; et al.: Acquired Dyschromatopsia Among Styrene-Exposed Workers. *J. Occup. Med.* 1991. 33:761 - 765

- 217) Gobba, F.; Cavalleri, A.: Kinetics of Urinary Excretion and Effects on Colour Vision After Exposure to Styrene. In: Butadiene and Styrene: Assessment of Health Hazards, M. Sorsa, K. Peltonen, H. Vainio, and K. Hemminki, Eds. IARC Scientific Publications No. 27. International Agency for Research on Cancer, Lyon, France 1993. pp. 79 - 88

- 218) Gibbs, G.W.; Amsel, J.; Soden, K.: A Cohort Mortality Study of Cellulose Triacetate-Fiber Workers Exposed to Methylene Chloride. *J. Occup. Environ. Med.* 1996. 38(7):693 - 697

- 219) Gibbs JP; Crump KS; Houck DP; et al.: Focused medical surveillance: a search for subclinical movement disorders in US workers exposed to low levels of manganese dust. *Neurotoxicology* 1999. 20:299 - 314
- 220) Grahm DG: Letter to the editor. *Environ Res* 2000. 82(SecA):181 - 183
- 221) Gobba F; Cavalleri A: Color vision impairment in workers exposed to neurotoxic chemicals. *Neurotoxicology* 2003. 24:693 - 702
- 222) GHS Editorial Group. Globally Harmonized System of Classification and Labelling Chemicals. 2006
- 223) Henderson Y; Haggard HW: Noxious Gases, Reinhold Publishing Corp, New York 1943. p 218.
- 224) Henderson, Y.; Haggard, H.W.: Noxious Gases, 2nd ed. Reinhold Publishing Corp., New York 1943.
- 225) Holstein, E.: Arch. Gewerbepath. u. Gewerbehyg. 1955. 13:522
- 226) Henson EV: The toxicology of some aliphatic alcohols, Part II. *J Occup Med* 1960. 2:497 - 502
- 227) Hamilton, A.; Hardy, H.L.: Industrial Toxicology, 3rd ed. Publishing Sciences Group, Action, U.K. 1974.
- 228) Hunter D: The Diseases of Occupations, 5th ed, English Universities Press, London 1975. p 428

- 229) Hogstedt, B.; Hender, K.; Mark-Vendel, E.; et al.: Increased Frequency of Chromosome Aberrations in Workers Exposed to Styrene. *Scand. J. Work Environ. Health* 1979. 5:333 - 335
- 230) Hogstedt, B.; Akesson, B.; Axell, K.; et al.: Increased Frequency of Lymphocyte Micronuclei in Workers Producing Reinforced Polyester Resin with Low Exposure to Styrene. *Scand. J. Work Environ. Health* 1983. 9:241 - 246
- 231) Hansteen, I.L.; Jelmert, O.; Torgrimsen, T.; et al.: Low Human Exposure to Styrene in Relation to Chromosome Breaks, Gaps and Sister-Chromatid Exchanges. *Hereditas* 1984. 100:87 - 91
- 232) Heseltine, E.; Peltonen, K.; Sorsa, M.; et al.: Assessment of the Health Hazards of 1,3-Butadiene and Styrene. *J. Occup. Med.* 1993. 35:1089 - 1095
- 233) Hemminki, K.; Franssila, E.; Vainio, H.: Spontaneous Abortions Among Female Chemical Workers in Finland. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1980. 45:123 - 126
- 234) Harkonen, H.; Holmberg, P.C.: Obstetric Histories of Women Occupationally Exposed to Styrene. *Scand. J. Work Environ. Health* 1982. 8:74 - 77
- 235) Hillerdal, G.; Hartung, M.: On Cobalt in Tissues from Hard Metal Workers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1983. 53:89 - 90
- 236) Hearne, F.T.; Grose, F.; Pifer, J.W.; et al.: Methylene Chloride

- Mortality Study: Dose - Response Characterization and Animal Model Comparison. J. Occup. Med. 1987. 29(3):217 - 228
- 237) Hearne, F.T.; Pifer, J.W.; Grose, F.: Absence of Adverse Mortality Effects in Workers Exposed to Methylene Chloride: An Update. J. Occup. Med. 1990. 32(3):235 - 240
- 238) Huang CC; Lu CS; Chu NS; et al.: Progression after chronic manganese exposure. Neurology 1993. 43:248 - 249
- 239) Huang CC; Chu NS; Lu CC; et al.: Long-term progression in chronic manganism: Ten years of follow-up. Neurology 1998. 50:698 - 700
- 240) Henneberger P; Goe S; Miller W; et al.: Industries in the United States with airborne beryllium exposure and estimates of the number of current workers potentially exposed. J Occup Environ Med 2004. 1:648 - 659
- 241) Health and Safety Executive (U.K). Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS) guidance. www.hse.gov.uk/pubns/mdhs.
- 242) Iyer, K.; Goldgood, J.; Eberstein, A.; et al.: Mercury Poisoning in a Dentist. Arch. Neurol. 1976. 33:788 - 790
- 243) International Programme on Chemical Safety (IPCS): Manganese. Environmental Health Criteria 17. World Health Organization, Geneva 1981.

- 244) Iregren A: Effects on psychological test performance of workers exposed to a single solvent (toluene) – a comparison with effects of exposure to a mixture of organic solvents. Neurobehav Toxicol Teratol 1982. 4:695 - 701
- 245) International Agency for Research on Cancer: IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Suppl. IARC, Lyon, France 1982. 4, pp. 25 - 27
- 246) International Agency for Research on Cancer: IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Suppl. IARC, Lyon, France 1982. 4, pp. 25 - 27
- 247) IARC Monographs, 1984. 34,37-64
- 248) Insogna, S.; Warren, C.A.: The Effects of Carbon Monoxide on Psychomotor Function. In: Trends in Ergonomics/Human Factors I. A. Mital, Ed. Elsevier, North-Holland 1984.
- 249) IARC Monographs, 1985. 35,83-159
- 250) Iregren A: Psychological test performance in foundry workers exposed to low levels of manganese. Neurotoxicol Teratol 1990. 12:673 - 675
- 251) International Agency for Research on Cancer: Consensus report. In: Species Differences in Thyroid, Kidney, and Urinary Bladder Carcinogenesis. IARC Scientific Pub. IARC, Lyon, France 1998.

No. 147.

- 252) IVDK (Informationsverbund Dermatologischer Kliniken) Datenbankauszug (database excerpt) (German), IVDK, Gottingen, 2005.
- 253) Jobs, H.; Ballhausen, C. Vertrauensarzt 8:142 1940. cited by Farrell et al. in reference
- 254) Kesic B; Hausler V. Hematological investigation on workers exposed to manganese dust. Arch Ind Hyg Occup Med 1954. 10:336 - 343
- 255) Kingsley WH; Hirsch FC. Toxicologic considerations indirect process spirit duplicating machines. Compen Med 1955. 40:7 - 8
- 256) Knox JW; Nelson JR. Permanent encephalopathy from toluene inhalation. N Engl J Med 1966. 275:1494 - 1496
- 257) Koos, B.J.; Longo, L.D. Mercury Toxicity in the Pregnant Woman, Fetus, and Newborn Infant. Am. J. Obstet. Gynecol. 1976. 126:390 - 409
- 258) Kahn A; Blum D. Methyl alcohol poisoning in an 8-month-old boy. An unusual route of intoxication. J Pediatr 1979. 94:841 - 843
- 259) Kjellberg, A.; Wigaeus, E.; Engstrom, J. et al.: Long-Term Effects of Styrene Exposure in Plastic Industry. Arbete Och Hals 1979. 18:1 - 25 (in Swedish)

- 260) Kindwal, E.P. Zenz, C.: Developments in Occupational Medicine, pp. 85 - 92. C. Zenz, Ed. 1980. Yearbook Medical Publishers
- 261) Kjuus, H., Andersen, A. & Langlird, S. 1986 Incidence of cancer among workers producing calcium carbide. Br. J. ind. Med., 43, 237-242
- 262) Kavet R; Nauss KM. The toxicity of inhaled methanol vapors. Crit Rev Toxicol 1990. 21:21 - 50
- 263) Kreiss LS; Mroz MM. Zhen B; et al. Epidemiology of beryllium sensitization and disease in nuclear workers. Am Rev Respir Dis 1993. 148:985 - 991
- 264) Kreiss K; Wasserman S; Mroz MM. et al. Beryllium disease screening in the ceramics industry. J Occup Med 1993 35:267 - 274
- 265) Kogevinas, M. Ferro, G.; Saracci, R.; et al. IARC Multicentric Cohort Study of Workers Exposed to Styrene. International Symposium on Health Hazards of Butadiene and Styrene, p. 63 1993. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki
- 266) Kreiss K; Mroz MM. Newman LS; et al. Machining risk of beryllium disease and sensitization with median exposures below 2 µg/m³. Am J Ind Med 1996. 30:16 - 25
- 267) Kreiss K; Mroz MM; Zhen B; et al.: Risks of beryllium disease related to work process at a metal, alloy, and oxide production plant. Occup Environ Med 1997. 54:605 - 612

- 268) Kreiss K; Mroz MM; Zhen B; et al.: Risks of beryllium disease related to work process at a metal, alloy, and oxide production plant. *Occup Environ Med* 1997. 54:605 - 612
- 269) Kogevinas, M. Ferro, G.; Saracci, R.; et al. IARC Multicentric Cohort Study of Workers Exposed to Styrene. *International Symposium on Health Hazards of Butadiene and Styrene*, p. 63 1993. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki
- 270) Lehmann, K.B.; Flury, F..*Toxicology and Hygiene of Industrial Solvents*. 1943 Williams & Wilkins Company, Baltimore
- 271) Lloyd Davies TA. Manganese pneumonitis. *Br J Ind Med* 1946. 3:111 - 135 1946.
- 272) Longley EO; Jones AT; Welch R; Lomaev O. Two acute toluene episodes in merchant ships. *Arch Environ Health* 1967. 14:481 - 487
- 273) Lauwerys, R.P.; Buchet, J.P. Occupational Exposure to Mercury Vapors and Biological Action. *Arch. Environ. Health* 1973. 27:65 - 68
- 274) Lorimer, W.V.; Lilis, R.; Nicholson, W.J. et al Clinical Studies of Styrene Workers. Initial Findings. *Environ. Health Perspect.* 1976. 17:171 - 181
- 275) Langolf, G.D.; Chafin, D.B.; Henderson, R. Whittle, H.P.:Evaluation of Workers Exposed to Elemental Mercury Using Quantitative Tests of Tremor and Neuromuscular

- Functions. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1978. 39:976 - 984
- 276) Levine, S.; Cavender, G.D.; Langolf, G. Early Detection of Subclinical Mercury Neuropathy. Acta. Neurologia Scand. 1979.60(Suppl. 73):257
- 277) Lilis, R.; Lorimer, W.V.; Diamond, S. et al.: Neurotoxicity of Styrene in Production and Polymerization Workers. Environ. Res. 1978. 15:133 - 138 1978.
- 278) Lien, D.C.; Todoruk, D.N.; Rajani, H.R. et al.: Accidental Inhalation of Mercury Vapour: Respiratory and Toxicologic Consequences. Can. Med. Assoc. J. 1983. 129:591 - 595
- 279) laboratory employees. Br J Ind Med 41:305 - 312 1984.
- 280) Lindbohm, M.L.; Hemminki, K.; Kyyronen, P. Spontaneous Abortions Among Women Employed in the Plastics Industry. Am. J. Ind. Med. 1985.8:579 - 586
- 281) Lauwerys, R.; Roels, H.; Genet, P.; et al. Fertility of Male Workers Exposed to Mercury Vapor or to Manganese Dust: A Questionnaire Study. Am. J. Ind. Med 1985. 7:171 - 176 1985..
- 282) Lilis, R.; Miller, A.; Lerman, Y. Acute Mercury Poisoning with Severe Chronic Pulmonary Manifestation. Chest 1985. 82:306 - 309 1985.
- 283) Lijinsky W; Kovatch RMJ. Chronic toxicity study of cyclohexanone in rats and mice. J Natl Cancer Inst 1986.77:941

- 949 1986.

- 284) Langan, D.C.; Fan, P.L. Hoos, A.A. The Use of Mercury in Dentistry: A Critical Review of the Recent Literature. J. Am. Dent. Assoc. 1987. 115:867 - 879 1987.
- 285) Levin, M.; Jacobs, J.; Polos, P.G. Acute Mercury Poisoning and Mercurial Pneumonitis from Gold Ore Purification. Chest 1988.94:554 - 556
- 286) Larsen F; Leira HL Organic brain syndrome and long-term exposure to toluene: a clinical, psychiatric study of vocationally active printing workers. J Occup Med 1988. 30:875 - 878
- 287) Lemasters, G.K.; Samuels, S.J.; Morrison, J.A. et al.: Reproductive Outcomes of Pregnant Workers Employed at 36 Reinforced Plastics Companies. II. Lowered Birth Weight. J. Occup. Med. 1989.31:115 - 120
- 288) Lanes, S.F.; Cohen, A.; Rothman, K.J. et al. Mortality of Cellulose Fiber Production Workers. Scand. J. Work Environ. Health 1990. 16:247 - 251
- 289) Lindbohm ML; Taskinen H; Sallmen M. Hemminki K. Spontaneous abortions among women exposed to organic solvents. Am J Ind Med 1990. 17:449 - 463
- 290) Lash, A.A.; Becker, C.E. So, Y.; et al. Neurotoxic Effects of Methylene Chloride: Are They Long Lasting in Humans Br. J. Ind. Med. 1991. 48:418 - 426

- 291) Lucchini R; Apostoli P; Perrone C. et al. Long-term exposure to “low levels” of manganese oxides and neurofunctional changes in ferroalloy workers. *Neurotoxicology* 1999. 20:287 - 298
- 292) Luderer U; Morgan MS; Brodtkin CA. et al. Reproduc-tive endocrine effects of acute exposure to toluene in men and women. *Occup Environ Med* 1999. 56:657-666
- 293) Laohaudomchok W; Yin X; Herrick RF. et al.: Neuropsychological effects of low-level manganese exposure in welders. *Neurotoxicology* 2011.32:171 - 179 2011.
- 294) McFarland, R. A., F. J. W. Roughton, M. H. Halperin, J. J. Niven: *Aviation Med.* 1944 15, 381
- 295) Miller, C.W.; Davis, M.W. Goldman, A.; Wyatt, J.P. Pneumoconiosis in the Tungsten-Carbide Tool Industry. *AMA Arch. Ind. Hyg. Occup. Med.* 1953. 8:453 - 465
- 296) McAllister RG. Exposure to methanol from spirit duplicating machines. *Am Ind Hyg Assoc Q* 1954. 15:26 - 28
- 297) Morgan JG. Some obervations on the incidence of respiratory cancer in nickel workers. *Br J Ind Med* 1958. 15:224 - 234
- 298) Meneghini CL, Rantuccio F, Riboldi A 1963 Klinisch-allergologische Beobachtungen bei beruflich ekzematosen Kontakt-Dermatosen (Clinical allergological observations on occupational eczematous contact dermatitis)

- (German). Kontakt-Dermatosen 11: 280 - 293
- 299) Malten KE 1969 Results of an additional standard series patch testing series in 1000 patients. Contact Dermatitis Newslett 6: 139
- 300) Mancuso TF. el-Attar AA: Epidemiological study of the beryllium industry. Cohort methodology and mortality studies. J Occup Med 1969. 11:422 - 434 1969
- 301) Mikulka, P., R. O'Donnel, P. Hennig, J. Theodore: Fifth Annual Conference on Atmospheric Contamination in Confined Spaces, Air Force Aerospace Medical Research Laboratory. 1969 Wright-Patterson Air Force Base. Dayton, Ohio
- 302) Mancuso TF. Relation of duration of employment and prior respiratory illness to respiratory cancer among beryllium workers. Environ Res 1970 .3:251 - 275
- 303) Morgan, A.; Black, A.; Belcher, D.R. Studies on the Absorption of Halogenated Hydrocarbons and Their Excretion in Breath Using ³⁸Cl Tracer Techniques. Ann. Occup. Hyg. 1972. 15:273 - 282
- 304) McFarland, R. A.: Arch. environm. Hlth 1973. 27, 355
- 305) Malten KE, Kuiper JP, van der Staak WBJM 1973 Contact allergic investigations in 100 patients with ulcus cruris. Dermatologica 147: 241 - 254

- 306) Meretoja, T.; Vainio, H. Sorsa, M.; et al. Occupational Styrene Exposure and Chromosomal Aberrations. *Mutat. Res* .1977. 56:193 - 197
- 307) Meretoja, T. Jarventaus, H.; Sorsa, M.; et al. Chromosome Aberrations in Lymphocytes of Workers Exposed to Styrene. *Scand. J. Work Environ. Health* 1978. 4:259 - 264
- 308) McFarland, R.B.; Reigel H. Chronic Mercury Poisoning from a Single Brief Exposure. *J. Occup. Med.* 1978. 20:532 - 534
- 309) Moriearty PL, Pereira C, Guimaraes NA 1978 Contact dermatitis in Salvador, Brazil. *Contact Dermatitis* 4: 185 - 189
- 310) Mancuso TF. Occupational lung cancer among beryllium workers. In: *Dust and Disease*, pp 1979. 463. Pathotox Publishers, Park Forest, IL
- 311) Mancuso TF. Mortality study of beryllium industry workers' occupational lung cancer. *Environ Res* 1980. 21:48 - 55
- 312) Markowitz, L.; Schaumburg, H.H. Successful Treatment of Inorganic Mercury Neurotoxicity with N-Acetyl-Penicillamine Despite an Adverse Reaction. *Neurology* 1980. 30:1000 - 1001
- 313) Mihevic, P.M.; Gliner, J.A.; Horvath, S.M. Carbon Monoxide Exposure and Information Processing During Perceptual - Motor Performance. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1983. 51:355 - 363

- 314) Meyer, B.R.; Fischbein, R.; Rosenman, K. et al. Increased Urinary Enzyme Excretion in Workers Exposed to Nephrotoxic Chemicals. *Am. J. Med.* 1984. 76:989 - 990
- 315) Mackert, J.R. Factors Affecting Estimation of Dental Amalgam Mercury Exposure from Measurements of Mercury Vapor Levels in Intra-Oral and Expired Air: *J. Dent. Res.* 1987. 66:1775 - 1780
- 316) Maltoni, C.; Ciliberti, A.; Cotti, G.; Perino, G. Experimental Research on Acrylonitrile Carcinogenesis. Princeton Scientific Publication Co., Princeton, 1987. NJ
- 317) Mergler, D.; Blain, L.; Lagace, J.P. Solvent Related Colour Vision Loss: An Indicator of Neural Damage. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1987. 59:313 - 321
- 318) Mraz J; Galova E; Nohova H; et al.: Effect of ethanol on the urinary excretion of cyclohexanol and cyclohexanediols, biomarkers of the exposure to cyclohexanone, cyclohexane, and cyclohexanol in humans. *Scand J Work Environ Health* 25:233 - 237 (1999). Fiorentini, E. Tani, A. Retrobulbar Neuritis in a Worker Exposed to Vinylbenzene (Styrene). *Med. Lav.* 1987. 78:380 - 385
- 319) McDonald JC; Lavoie J; Cote R; McDonald AD. Chemical exposures at work in early pregnancy and congenital defect: a case-referent study. *Br J Ind Med* 1987. 44:527 - 533
- 320) Muijsers, H.; Hoogendijk, E.M.G.; Hooisma, J. The Effect of

- Occupational Exposure to Styrene on High-Frequency Thresholds. *Toxicology* 1988. 49:331 - 340
- 321) Melkonian, R.; Baker, D. Risks of Industrial Mercury Exposure in Pregnancy. *Obstet. Gynecol. Surv.* 1988. 43:637 - 641
- 322) Mercury Elemental and Inorganic. Recommended Biological Exposure Indices. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* August 1990. 5(8):545 - 552
- 323) Meulenbelt J; de Groot G; Savelkoul TJ. Two cases of acute toluene intoxication. *Br J Ind Med* 1990. 47:417 - 420
- 324) Morbidity and Mortality Weekly Report June 14, 1991.40(23):393 - 395 Maki-Paakkanen, J.; Walles, S.; Osterman-Golkar, S.; et al. Single-Strand Breaks, Chromosome Aberrations, Sister-Chromatid Exchanges and Micronuclei in Blood Lymphocytes of Workers Exposed to Styrene During the Production of Reinforced Plastics. *Environ. Mol. Mutagen.* 1991 17:27 - 32 1991.
- 325) Mergler, D.; Campagna, D. Belanger, S.; et al. Neurotoxic Effects Among Styrene-Exposed Workers. II. Neurophysiological and Behavioral Changes. *Travail et Sante* 1992. 8(2):S16 - S21
- 326) MacMahon B. The epidemiological evidence on the carcinogenicity of beryllium in humans. *J Occup Med* 1994. 36:15 - 24
- 327) Muttray A; Wolters V; Mayer-Popken O. et al. Effect of

- subacute occupational exposure to toluene on color vision. *Int J Occup Med Environ Health* 1995. 8:339 - 345
- 328) Mosconi, G. Leghissa, P.Mraz,J; Galova E; Nohova H; Vitkova D. 1,2- and 1,4-Cyclohexanediol: major urinary metabolites and biomarkers of exposure to cyclohexane, cyclohexanone, and cyclohexanol in humans. *Int Arch Occup Environ Health* 1998. 71:560 - 565
- 329) Mraz,J; Galova E; Nohova H; Vitkova D. 1,2- and 1,4-Cyclohexanediol: major urinary metabolites and biomarkers of exposure to cyclohexane, cyclohexanone, and cyclohexanol in humans. *Int Arch Occup Environ Health* 1998. 71:560 - 565
- 330) Muttray A; Wolters V; Jung D; Konietzko J. Effects of high doses of toluene on color vision. *Neurotoxicol Teratol* 1999. 21:41 - 45
- 331) Mraz J; Galova E; Nohova H; et al. Effect of ethanol on the urinary excretion of cyclohexanol and cyclohexanediols, biomarkers of the exposure to cyclohexanone, cyclohexane, and cyclohexanol in humans. *Scand J Work Environ Health* 1999.25:233 - 237
- 332) Maier LA. Beryllium health effects in the era of the beryllium lymphocyte proliferation test. *Appl Occup Environ Hyg* 2001. 16:514 - 520
- 333) Myers JE; Thompson ML; Ramushu S. et al. The utility of

- biological monitoring for manganese in ferroalloy smelter workers in South Africa. *Neurotoxicology* 2003a. 24:875 - 883
- 334) Myers JE. Thompson ML; Ramushu S; et al. The nervous system effects of occupational exposure of workers in a South African manganese smelter. *Neurotoxicology* 2003b. 24: 885 - 894
- 335) Madl AK; Unice K; Brown J; et al. Beryllium sensitization and chronic beryllium disease in a beryllium metal machining plant: analysis of beryllium exposure and implications for an occupational exposure limit. *J Occup Environ Hyg* 2007. 4(6):448 - 466
- 336) Nordenson, I. Beckman, L. Chromosomal Aberrations in Lymphocytes of Workers Exposed to Low Levels of Styrene. *Hum. Hered.* 1984. 34:178 - 182 1984.Nelson KW. Ege JF; Ross M. et al. Sensory response to certain industrial solvent vapors. *J Ind Hyg Toxicol* 1943. 25:282 - 285
- 337) Nielsen Kudsk, F. Uptake of Mercury Vapour in Blood in vivo and in vitro from Hg-Containing Air. *Acta Pharmacol. Toxicol.* 1969.27:149 - 160 1969.
- 338) Ng TP; Foo SC. Yoong T. Risk of spontaneous abortion in workers exposed to toluene. *Br J Ind Med* 1992. 49:804 - 808 1992.
- 339) Newman LS. Mroz MM Maier LA; et al. Efficacy of serial

- medical surveillance for chronic beryllium disease in a beryllium machining plant. J Occup Environ Med 2001. 43(3):231 - 237
- 340) Newman LS. Mroz MM Balkissoon R; et al. Beryllium sensitization progresses to chronic beryllium disease: a longitudinal study of disease risk. Am J Respir Crit Care Med 2005b .171(1):54 - 60
- 341) Nakatsuka H. Watanabe T; Takeuchi Y; et al.: Absence of blue-yellow color vision loss among
- 342) Ott, M.G. Skory, L.K. Holder, B.B.. et al.:Health Evaluation of Employees Occupationally Exposed to Methylene Chloride Twenty Four Hour Electrocardiographic Monitoring. Scand. J. Work Environ. Health 1983.9(Suppl. 1):26 - 30
- 343) Ott, M.G.. Skory, L.K.. Holder, B.B. et al.:Health Evaluation of Employees Occupationally Exposed to Methylene Chloride: Clinical Laboratory Evaluation. Scand. J. Work Environ. Health 9 1983. (Suppl 1):17 - 25 1983.
- 344) Ott, M.G.. Skory, L.K.. Holder, B.B.; et al.: Health Evaluation of Employees Occupationally Exposed to Methylene Chloride: Clinical Laboratory Evaluation. Scand. J. Work Environ. Health 1983 9(Suppl 1):17 - 25
- 345) Ott, M.G.. Skory, L.K.. Holder, B.B.; et al.: Health Evaluation of Employees Occupationally Exposed to Methylene Chloride—General Study Design and Environmental Considerations. Scand.

- J. Work Environ. Health 1983 9(Suppl. 1):1 - 7
- 346) Ott, M.G.. Skory, L.K.. Holder, B.B.; et al.: Health Evaluation of Employees Occupationally Exposed to Methylene Chloride Mortality. Scand. J. Work Environ. Health 1983 9(Suppl. 1):8 - 16
- 347) Olson BA; Gamberale F. Iregren A. Coexposure to toluene and p-xylene in man: central nervous functions. Br J Ind Med 1985 42:117 - 122
- 348) Olstad, M.L.; Holland, R.I.;Wandel, N. Hensten Pettersen, A. Correlation Between Amalgam Restoration and Mercury Concentrations in Urine. J. Dent. Res. 1987. 66:1179 - 1182
- 349) Okabe, T.; Ferracane, J.; Cooper, C.; et al. Dissolution of Mercury from Amalgam into Saline Solution. J. Dent. Res. 1987. 66:33 - 37 1987.
- 350) Olsson, S.; Berglund, A.; Pohl, L. Bergman, M.: Model of Mercury Vapor Transport from Amalgam Restoration in the Oral Cavity. J. Dent. Res. 1989. 68:504 - 508
- 351) Orbaek P; Nise G. Neurasthenic complaints and psychometric function of toluene-exposed rotogravure printers. Am J Ind Med 1989. 16:67 - 77
- 352) Oltramare, M. Desbaumes, E.;Imhoff, C. et al. Toxicology of Styrene Monomer. Experimental and Clinical Studies in Man. Editions Medicine et Hygiene, Geneva

- 353) Ogata, M. Kenmotsu, K.; Hirota, N.; et al. Mercury Uptake in vivo by Normal and Acatalasemic Mice Exposed to Metallic Mercury Vapor (^{203}Hg) and Injected with Metallic Mercury or Mercuric Chloride ($^{203}\text{HgCl}_2$). Arch. Environ. Health 1985. 40:151 - 154
- 354) Peterson, J.E.; Stewart, R.D. Predicting the Carboxyhemoglobin Levels Resulting from Carbon Monoxide Exposures. J. Appl. Physiol. 1975.39:633 - 638
- 355) Pearson MA. Hoyme HE; Seaver LH; Rimsza ME. Toluene embryopathy: delineation of the phenotype and comparison with fetal alcohol syndrome. Pediatrics 1994. 93:211 - 215
- 356) Paramei GV; Meyer-Baron M. Seeber A. Impairments of colour vision induced by organic solvents: a metaanalysis study. Neurotoxicology 2004. 25:803 - 816
- 357) Pero, R.W.; Bryngelsson, T. Hogstedt, B. et al. Occupational and in vitro Exposure to Styrene Assessed by Unscheduled DNA
- 358) Pambor M (1971) Ein p-Phenetidin-haltiges Antioxydans als berufliches Ekzematogen bei der Herstellung von Spezialfuttermischungen (A p-phenetidine-containing antioxidant as an occupational eczematogenic agent in the manufacturing of special feed mixtures) (German). Berufsdermatosen 19: 285 - 291
- 359) Rodier J. Manganese poisoning in Moroccan mines. Br J Indust

Med 1955 12:21 - 35

- 360) Ray, A. M., T. H. Rockwell: Ohio State University, Dept. of Industrial Engineering. Columbus. Report Number IE-i, August 1967.
- 361) Ramsey, J. M.: Arch. environm. Hlth 1967. 15, 580
- 362) Roels, H. Lauwerys, R. Buchet, J.P. et al. Comparison of Renal Function and Psychomotor Performance in Workers Exposed to Elemental Mercury. Int. Arch. Occup. Environ. Health 1982. 50:77 - 93
- 363) Roels, H.;Gennart, J.-P. Lauwerys, R. et al. Surveillance of Workers Exposed to Mercury Vapor: Validation of a Previously Proposed Biological Threshold Limit Value for Mercury Concentration in Urine. Am. J. Ind. Med. 1985. 7:45 - 71
- 364) Rudzki E, Kleniewska D 1970. The epidemiology of contact dermatitis in Poland. Br J Dermatol 83: 543 - 545
- 365) Rudzki E, Kleniewska D 1971. Cross reactions between parabens and the para group. Contact Dermatitis Newslett 9: 199
- 366) Rudzki E, Grzywa Z 1975. Contact sensitivity in atopic dermatitis. Contact Dermatitis 1: 285 - 287
- 367) Roe, F.J.C.; Palmer, A.K.; Warden, A.N.: Safety Evaluation of Toothpaste Containing Chloroform. I. Long-Term Studies in

- Mice. J. Environ. Pathol. Toxicol. 2:799 - 819 (1979).
- 368) Rowe VK; McCollister SB. Alcohols. In: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3rd Rev ed, Vol 2C, Toxicology, pp 4528 - 4541. GD Clayton, FE Clayton, (Eds). John Wiley & Sons, New York 1982.
- 369) Roto, P.: Asthma, Symptoms of Chronic Bronchitis, and Ventilatory Capacity Among Cobalt and Zinc Production Workers. Scand. J. Work Environ. Health 1980. 6(Suppl. 1):1 - 49
- 370) Rosenman, K.D. Valciukas, J.A. Glickman, L.;et al. Sensitive Indicators of Inorganic Mercury Toxicity. Arch. Environ. Health 1986. 41:208 - 215
- 371) Roels H. Lauwerys R. Buchet JP. et al. Relationship between external and internal parameters of exposure to manganese in workers from a manganese oxide and salt producing plant. Am J Ind Med 1987b. 11:297 - 305
- 372) Roels H. Lauwerys R; Buchet JP. et al.. Epidemiological survey among workers exposed to manganese: effects on lung, central nervous system, and some biological indices. Am J Ind Med 11:307 - 327 (1987a). [Erratum Am J Ind Med 1987. 12:119 - 120
- 373) Roels, H. Abdeladim, S. Ceulemans, E. Lauwerys, R. Relationships Between the Concentrations of Mercury in Air and in Blood or Urine in Workers Exposed to Mercury Vapor.

Ann. Occup. Hyg. 1987. 31:135 - 145

- 374) Roels, H. Abdeladim, S. Braun, M. et al. Detection of Hand Tremor in Workers Exposed to Mercury Vapor: A Comparative Study of Three Methods. Environ. Res. 1989. 49:152 - 165
- 375) Rothman, K.J. Cancer Occurrence Among Workers Exposed to Acrylonitrile. Scand. J. Work Environ. Health 1994. 20:313 - 321
- 376) Roels H; Ghyselen P. Buchet JP. et al. Assessment of the permissible exposure level to manganese in workers exposed to manganese dioxide dust. Br J Ind Med 1992. 49: 25 - 34
- 377) Rahill AA. Weiss B; Morrow PE; et al. Human performance during exposure to toluene. Aviat Space Environ Med 1996. 67:640 - 647
- 378) Roels HA. Ortega Eslava MI. Ceulemans E; et al.. Prospective study on the reversibility of neurobehavioral effects in workers exposed to manganese dioxide. Neurotoxicology 1999. 20:255 - 272 1999
- 379) Rosenman K; Hertzberg V; Rice R; et al.: Chronic beryllium disease and sensitization at a beryllium processing facility. Environ Health Perspect 2005. 113:1366 - 1372
- 380) Rosen, I.; Haeger-Aronsen, B.; Rehnstrom, S.; et al.:
- 381) Roberts LG; Bevans AC; Schreiner CA. Developmental and reproductive toxicity evaluation of toluene vapor in the rat. I.

- reproductive toxicity. *Reprod Toxicol* 2003. 17:649 - 658
- 382) Sasa M; Igarashi S; Miyazaki T; et al.: Equilibrium disorders with diffuse brain atrophy in long-term toluene sniffing. *Arch Otorhinolaryngol* 1978;221:163 - 169
- 383) Satran R; Dodson VN: Toluene habituation: report of a case. *N Engl J Med* 1963;268:719 - 721 (1963).
- 384) Stengel B; Cenee S; Limasset JC; et al.: Immunologic and renal markers among photogravure printers exposed to toluene. *Scand J Work Environ Health* 1998;24:276 - 284
- 385) Svensson BG; Nise G; Erfurth EM; et al.: Hormone status in occupational toluene exposure. *Am J Ind Med* 1992;22:99 - 107
- 386) Svensson BG; Nise G; Erfurth EM; Olsson H: Neuroendocrine effects in printing workers exposed to toluene. *Br J Ind Med* 1992;49:402 - 408
- 387) Seaton, A.; Bishop, C.M.: Acute Mercury Pneumonitis. *Br. J. Ind. Med.* 1978;35:258 - 265 (1978).
- 388) Sauder, P.; Livardjani, F.; Jaeger, A.; et al.: Acute Mercury Chloride Intoxication. Effects of Hemodialysis and Plasma Exchange on Mercury Kinetic. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* 26(3 - 4):189 - 197 (1988).
- 389) Smith, R.G.; Vorwald, A.J.; Patil, L.S.; Mooney, T.F.: Effects of Exposure to Mercury in the Manufacture of Chlorine. *Am. Ind.*

- Hyg. Assoc. J. 1970:31:687 - 700 (1970).
- 390) Schuckmann, F.: Study of Preclinical Changes in Workers Exposed to Inorganic Mercury in Chloralkali Plants. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1979:44:193 - 200
- 391) Stonard, M.D.; Chater, B.R.; Duffield, D.P.; et al.: An Evaluation of Renal Function in Workers Occupationally Exposed to Mercury Vapor. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1983:52:177 - 189
- 392) Smith, P.J.; Langolf, G.D.; Goldberg, J.; et al.: Effects of Occupational Exposure to Elemental Mercury on Short-Term Memory. *Br. J. Ind. Med.* 1983:40:413 - 419
- 393) Singer, R.; Valciukas, J.A.; Rosenman, K.D.: Peripheral Neurotoxicity in Workers Exposed to Inorganic Mercury Compounds. *Arch. Environ. Health* 42(4):181 - 184 (July/August 1987).
- 394) Sikorski, R.; Juskiewicz, T.; Paszkowski, T.; et al.: Women in Dental Surgeries: Reproductive Hazards in Occupational Exposure to Metallic Mercury. *Intl. Arch. Occup. Environ. Health* 1987:59:551 - 557
- 395) Snapp, K.R.; Boyer, D.B.; Peterson, L.C.; Svare, C.W.: The Contribution of Dental Amalgam to Mercury in Blood. *J. Dent. Res.* 1989:68:780
- 396) Silverstein, M., Maizlish, N., Park, R. & Mirer, F. (1985)

- Mortality among workers exposed to coal tar pitch volatiles and welding emissions: an exercise in epidemiologic triage. *Am. J. public Health*, 75, 1283-1287
- 397) Sjostrand, T.: *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 1949:1:201 - 214
- 398) Stewart, R.D.; Baretta, E.D.; Platte, L.R.; et al.: Carboxyhemoglobin Levels in American Blood Donors. *JAMA* 1974:229(9):1187 - 1195 (1974).
- 399) Sheps, D.S.; et al: Lack of Effect of Low Levels of Carboxyhemoglobin on Cardiovascular Function in Patients with Ischemic Heart Disease. *Arch. Environ. Health* 1987:42:108 - 116
- 400) Sievers, R.F.; Edwards, T.I.; Murray, A.L.: *Public Health Bull.* No. 278. U.S. Government Printing Office, Washington, DC (1942).
- 401) Stern, F.B.; et al.: Heart Disease Mortality Among Bridge and Tunnel Officers Exposed to Carbon Monoxide. *Am. J. Epidemiol.* 1988:128:1276 - 1288
- 402) Shephard, R.J.: *Carbon Monoxide - The Silent Killer*. Charles C. Thomas, Springfield, IL (1980).
- 403) Stewart, R. D., P. E. Newton, M. I Hosko, I E. Peterson: *Arch. environm. Hlth* 27, 155 (1973)
- 404) Stewart, R. D., J. E. Peterson, E. D. Baretta, R. T. Bachand: *Arch. environm. Hlth* 21, 154, (1970)

- 405) Stewart, R. D., J. E. Peterson, E. D. Baretta: Report Contract CRC-APRAC: Project No. CAPM-3-68. Coordinating Research Council Inc., 1969
- 406) Stewart, R. D., J. E. Peterson, T. N. Fisher, M. J. Hosko, E. D. Baretta, H. C. Dodd, A. A. Herrmann: Arch. environm. Hlth 26, 1 (1973)
- 407) Sievers, R. R, T. I. Edwards, A. L. Murray: National Institute of Health, Industrial Hygiene Division. Washington DC, PHS Bulletin Number 278. 1942
- 408) Sievers, R. F., T. I. Edwards, A. L. Murray, H. H. Schenk: J. Amer. med. Ass. 118, 585 (1942)
- 409) Stanton ML; Henneberger PK; Deubner DC; et al.: Sensitization and chronic beryllium disease among workers in copper-beryllium distribution centers. J Occup Environ Med 2006;48:204 - 211
- 410) Schuler CR; Kent MS; Deubner DC; et al.: Process-related risk of beryllium sensitization and disease in a copperberyllium alloy facility. Am J Ind Med 2005;47:195 - 205
- 411) Stange AW; Hilmas DE; Furman FJ; et al.: Beryllium sensitization and chronic beryllium disease at a former nuclear weapons facility. Appl Occup Environ Hyg 2001;16:405 - 471
- 412) Stange AW; Furman FJ; Hilmas DE: The beryllium lymphocyte proliferation test: Relevant tissues in beryllium health

- p>surveillance. Am J Industrial Med 2004;46:453 - 462
- 413) Sackett HM; Maier LA; Silveira LJ; et al.: Beryllium medical surveillance at a former nuclear weapons facility during cleanup operations. J Occup Environ Med 2004;46(9):953 - 961
- 414) Steenland K; Ward E: Lung cancer incidence among patients with beryllium disease: A cohort mortality study. J Natl Cancer Inst 1991;83:1380 - 1385
- 415) Sanderson WT; Ward EM; Steenland K; et al.: Lung cancer case-control study of beryllium workers. Am J Ind Med 2001;39:133 - 144
- 416) Schubauer-Berigan MK; Deddens JA; Steenland K; et al.: Adjustment for temporal confounders in a reanalysis of a case-control study of beryllium and lung cancer. Occup Environ Med 2008;65:379 - 383
- 417) Sunderman FW; Kincaid JF; Donnelley AJ; et al.: Nickel poisoning. IV. Chronic exposure of rats to nickel carbonyl: a report after one year of observation. AMA Arch Ind Health 1957;16(6):480 - 5
- 418) Seet RCS; Johan A; Teo CES; et al.: Inhalational nickel carbonyl poisoning in waste processing workers. Chest 128:424 - 429 (2005).
- 419) Shi ZC: Study on lung function and blood gas analysis of nickel carbonyl. Sci Tot Env 1994;148:299 - 301

- 420) Shi Z: Long-term effects of exposure to low concentrations of nickel carbonyl on workers' health, pp 273 - 279 in Nickel and Human Health: Current Perspectives. E Nieboer, JO Nriagu (Eds). Wiley, New York (1992).
- 421) Sakurai, H.; Kusumoto, M.: Epidemiologic Study of Health Impairment Among Acrylonitrile Workers. J. Sci. Labour (Tokyo) 1972;48:273 - 282
- 422) Stewart, R.D.; Dodd, H.C.; Baretta, E.D.; Schaffer, A.W.: Human Exposure to Styrene Vapor. Arch. Environ. Health 1968;16:656 - 662
- 423) Sandell, J.; Parkki, M.G.; Marniemi, J.; et al. Effects of Inhalation and Cutaneous Exposure to Styrene on Drug Metabolizing Enzymes in the Rat. Res. Commun. Chem. Pathol. Pharmacol. 1978;19:109 - 21
- 424) Seppalainen, A.M.; Harkonen, H. Neurophysiological Findings Among Workers Occupationally Exposed to Styrene. Scand. J. Work Environ. Health 1976;2:140 - 146
- 425) Seppalainen, A.M. Neurotoxicity of Styrene in Occupational and Experimental Exposure. Scand. J. Work Environ. Health 1978;4(Suppl. 2):181 - 183
- 426) Scott, D.: A Critical Review of the Cytogenetic Effects of Styrene with an Emphasis on Human Population Monitoring: A Synopsis. Crit. Rev. Toxicol. 1994;24(S1):S47 - S48

- 427) Sen S; Flynn MR; Du G; et al.: Manganese accumulation in the olfactory bulbs and other brain regions of "asymptomatic" welders. *Toxicol Sci* 2011;121:160 - 167.
- 428) Scarpa C, Ferrea E. Group variation in reactivity to common contact allergens. *Arch Dermatol* 1966;94:589 - 591
- 429) Schultheiss E, Gummi und Ekzem (Rubber and dermatitis) (German), Editio Cantor, Aulendorf. 1959
- 430) Schwarz A, Gottmann-Luckerath J (1982) Allergen-häufigkeit bei Kontaktallergien in der Universitäts-Hautklinik Köln (1970 - 1971 und 1976 - 1979) (The incidence of contact allergens at the Department of Dermatology of the University of Cologne (1970 - 1971 and 1976 - 1979)) (German). *Z Hautkr* 57: 951 - 960
- 431) Sanmartin O; De La Cuadra J: Occupation contact dermatitis from cyclohexanone as a PVC adhesive. *Contact Dermatitis* 1992;27:189 - 190
- 432) Schaper M: Development of a database for sensory irritants and its use in establishing occupational exposure limits. *Am Ind Hyg Assoc J* 1993;54:488 - 544
- 433) Smyth, Jr., H.F.; Carpenter, C.P.; Weil, C.S.; et al.: Range Finding Toxicity Data: List VII. *Am . Ind. Hyg.Assoc. J.* 1969;30:470 - 476
- 434) Sprince, N.L.; Chamberlin, R.I.; Hales, C.A.; et al.: Respiratory Disease in Tungsten Carbide Workers. *Chest* 1984;86:549 - 556

- 435) Stewart, R.D.; Forster, H.V.; Hake, C.L.; et al.: Human Responses to Controlled Exposure to Methylene Chloride Vapor. Report No. NIOSH-MCOWENVN- MC-73-7. 1973.
- 436) Schwetz, B.A.; Leong, B.J.K.; Gehring, P.J. Embryo and Fetotoxicity of Inhaled Chloroform in Rats. Toxicol. Appl. Pharmacol. 1974;28:442 - 451
- 437) Tahti H; Karkkainen S; Pyykko K; et al.: Chronic occupational exposure to toluene. Int Arch Occup Environ Health 1981;48:61 - 69
- 438) Taskinen H; Kyyronen P; Hemminki K; et al.: Laboratory work and pregnancy outcome. J Occup Med 1994;36:311 - -319 (1994).
- 439) Taskinen H; Anttila A; Lindbohm ML; et al.: Spontaneous abortions and congenital malformations among the wives of men occupationally exposed to organic solvents. Scand J Work Environ Health 1989;15:345 - 352
- 440) Tunnessen, W.W.; McMahon, K.J.; Baser, M.: Acrodynia: Exposure to Mercury from Fluorescent Light Bulbs. Pediatrics 1987;79:786 - 789
- 441) Tubbs, R.; Gordon, D.; Gephardt, N.; et al.: Membranous Glomerulonephritis Associated with Industrial Mercury Exposure. Am. J. Clin. Pathol. 1982;77:409 - 413
- 442) Tinkle SS; Antonini JM; Rich BA; et al.: Skin as a route of exposure and sensitization in chronic beryllium disease. Environ

Health Perspect 2003;111:1202 - 1208

- 443) Thiess, A.M.; Fleig, I.: Analysis of Chromosomes of Workers Exposed to Acrylonitrile. Arch. Toxicol. 1978;41:149 - 152
- 444) Triebig, G.; Schaller, K.H.; Valentin, H.: Investigations on Neurotoxicity of Chemical Substances at the Workplace. VII. Longitudinal Study with Determination of Nerve Conduction Velocities in Persons Occupationally Exposed to Styrene. Int. Arch. Occup. Environ. Health 1985;56:239 - 247
- 445) Truchon, G.; Ostiguy, C.; Drolet, D.; et al.: Neurotoxic Effects Among Styrene-Exposed Workers. I. Environmental and Biological Monitoring of Exposure. Travail et Sante 1992;8(2):S11 - S14
- 446) Thiess, A.M.; Friedheim, M.: Morbidity Among Persons Employed in Styrene Production, Polymerization and Processing Plants. Scand. J. Work Environ. Health 4(Suppl. 1978;2:57 - 214
- 447) Tanaka S; Lieben J: Manganese poisoning and exposure in Pennsylvania. Arch Environ Health 1969;19:674 - 684
- 448) Tjalve H; Mejare C; Borg-Neczak K: Uptake and transport of manganese in primary and secondary olfactory neurons in pike. Pharmacol Toxicol 1995;77:23 - 31
- 449) Tjalve H; Henriksson J; Tallkvist J; et al.: Uptake of manganese and cadmium from the nasal mucosa into the central nervous system via olfactory pathways in rats.

Pharmacol Toxicol 1996;79:347 - 356

- 450) Tjalve H; Henriksson J: Uptake of metals in the brain via olfactory pathways. Neurotoxicology 1999;20:181 - 196
- 451) Treon JF; Crutchfield Jr WE; Kitzmiller KV: The physiological response of animals to cyclohexane, methylcyclohexane and certain derivatives of these compounds. II. inhalation. J Ind Hyg Toxicol 1943;25:323 - 347
- 452) Torkelson, T.R.; Oyen, F.; Rowe, V.K.: Toxicity of Chloroform as Determined by Single and Repeated Exposure of Laboratory Animals. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1976;37:697 - 705
- 453) U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry: Toxicological Profile for Toluene (Update); online at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp56.html>
- 454) U.S. National Toxicology Program. Toxicology and carcinogenesis studies of toluene (CAS No. 108-88-3) in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). NTP TR 371; DHHS (NIH) Pub No. 90-2826. NTP, Research Triangle Park, NC (1990).
- 455) U.S. National Institute for Occupational Safety and Health: Fatal accident circumstances and epidemiology: confined space incident kills two workers - company employee and rescuing fireman. NTIS Pub.No.86-224-219. FACE-85-5-1. National Technical Information Service, Springfield, VA (1984).

- 456) U.S. Environmental Protection Agency. AP 42, Chap. 4: Evaporation Loss Sources, Vol 1, 5th ed., 9.2-1-4.9.2-6.1-31-2005. USEPA Office of Air Quality Planning & Standards. 6-5-2005; online at: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch04/final/c4s09-2.pdf>.
- 457) U.S. Department of the Air Force: Physiology of Flight, p. 209. U.S. Air Force Pamphlet 161 - 16. USAF, Washington, DC (April 1968).
- 458) U.S. Environmental Protection Agency: Health Assessment Document for Acrylonitrile. Final Report EPA 600/8-82-007F; NTIS No. PB-84-149152. U.S. National Technical Information Service, Springfield, VA (October 1983).
- 459) U.S. National Institute for Occupational Safety and Health: Criteria for a Recommended Standard C Occupational Exposure to Acrylonitrile. DHEW (NIOSH) Pub. No. 78-116. In: NIOSH Criteria Documents Plus CD-ROM. DHHS (NIOSH) Pub. No. 97-106; NTIS Pub. No. PB-502-082. U.S. National Technical Information Service, Springfield, VA (1997).
- 460) U.S. National Toxicology Program: Draft Toxicology and Carcinogenesis Studies of Acrylonitrile (CAS NO. 107-13-1) in B6C3F1 Mice (Gavage Studies). TR 506. DHHS (NIH) Pub. No. 01-4440. Scheduled Peer Review May 2001. Abstract online at: http://nieh.s.nih.gov/cgi/iH_Indexes/Res_Stat/iH_Res_Stat_Frames.html.

- 461) U.S. National Institute for Occupational Safety and Health: Criteria for a Recommended Standard –Occupational Exposure to Styrene. DHHS (NIOSH) Pub. No. 83-119; NTIS Pub. No. PB-84-148-295. U.S. National Technical Information Service, Springfield, VA (1983).
- 462) U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry: Toxicological Profile for Styrene. TP-91/25. ATSDR, U.S. Public Health Service, Atlanta, GA (September 1992).
- 463) U.S. Environmental Protection Agency: Health Advisory. Styrene. Office of Drinking Water, U.S. EPA, Washington, DC (September 30, 1985).
- 464) US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Criteria for a Recommended Standard – Occupational Exposure to Methanol. DHEW (NIOSH) Pub No 76-148 1976. In: NIOSH Criteria Documents Plus CD-ROM. DHHS (NIOSH) Pub No 97-106; NTIS Pub No PB-5022-08. US National Technical Information Service, Springfield, VA (1997)
- 465) U.S. National Cancer Institute: NCI Bioassay of Aniline Hydrochloride for Possible Carcinogenicity. NCI-CGTR- 130. DHEW (NIH) Pub. No. 78-1385. NCI, Bethesda, MD (1978).
- 466) US Environmental Protection Agency: Assessment of thyroid follicular cell tumors. Report EPA/630/R- 97/002. Risk Assessment Forum, Washington, DC (1998)

- 467) U.S. National Toxicology Program: Toxicology and Carcinogenesis Studies of Dichloromethane (Methylene Chloride) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Inhalation Studies). U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institutes of Health, Research Triangle Park, NC (1986).
- 468) U.S. National Cancer Institute: Report on Carcinogenesis Bioassay of Chloroform. NTIS Pub. No. PB-264-018. U.S. National Technical Information Service, Springfield, VA (March 1, 1976).
- 469) Vrca A; Bozicevic D; Bozikov V; et al.: Brain stem evoked potentials and visual evoked potentials in relation to the length of occupational exposure to low levels of toluene. *Acta Med Croatica* 1997;51:215 - 219
- 470) Vrca A; Bozicevic D; Karacic V; et al.: Visual evoked potentials in individuals exposed to long-term low concentrations of toluene. *Arch Toxicol* 1995;69:337 - 340
- 471) Vrca A; Karacic V; Bozicevic D; et al.: Brainstem auditory evoked potentials in individuals exposed to long-term low concentrations of toluene. *Am J Ind Med* 1996;30:62 - 66
- 472) Vrca A; Karacic V; Bozicevic D; et al.: Cognitive evoked potentials V EP P300 persons occupationally exposed to low concentrations of toluene. *Arh Hig Rada Toksikol* 1997;48:277 - 285

- 473) Vroom, F.Q.; Greer, M.: Mercury Vapor Intoxication. Brain 1972;95:305 - 318
- 474) Verberk, M.M.; Salle, H.J.A.; Kemper, C.H.: Tremor in Workers with Low Exposure to Metallic Mercury. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1986;47:559 - 562
- 475) Vimy, M.J.; Lorscheider, F.L.: Serial Measurements of Intra-Oral Air Mercury: Estimation of Daily Dose from Dental Amalgam. J. Dent. Res. 1985;64:1072 - 1075
- 476) Vimy, M.J.; Luft, A.J.; Lorscheider, F.L.: Estimation of Mercury Body Burden from Dental Amalgam: Computer Simulation of a Metabolic Compartmental Model. J. Am. Dent. Res. 1986;65:1415 - 1419
- 477) Vimy, M.J.; Lorscheider, F.L.: Intra-Oral Mercury Released From Dental Amalgam. J. Dent. Res. 1985;64:1069 - 1071
- 478) Visnjevac, V.; Mikov, M.: Smoking and Carboxyhemoglobin Concentrations in Mothers and Their Newborn Infants. Human Toxicol. 1986;5(3):175 - 177
- 479) Vorwald AJ; Reeves AL; Urban ECJ: Experimental beryllium toxicology. In: Beryllium: Its Industrial Hygiene Aspects, pp 201 - 234. HE Stokinger (Ed). Academic Press, New York (1966).
- 480) Von Oettingen, W.F.: The Aromatic Amino and Nitro Compounds: Their Toxicity and Potential Dangers. U.S. Public Health Service Bulletin No. 271 (1941)

- 481) Wilkins-Haug L: Teratogen update: toluene. Teratology 1997;55:145 - 151
- 482) World Health Organization. Toluene. Environmental Health Criteria 52. World Health Organization, Geneva (1985).
- 483) Winek CL; Wecht CH; Collom WD. Toluene fatality from glue sniffing. Pa Med 1968;71:81
- 484) World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (IPCS): Inorganic Mercury. Environmental Health Criteria 118. WHO, Geneva (1991).
- 485) Wide, C. Mercury Hazards Arising from the Repair of Sphygmomanometers. Br. J. Med 1986;293:1409 - 1410
- 486) Williamson, A.M.; Teo, R.K.C.; Sanderson, J.: Occupational Mercury Exposure and Its Consequences for Behavior. Int. Arch. Occup. Environ. Health 1982;50:273 - 286
- 487) Wright, G.; Randell, P.; Shephard, R.J.: Carbon Monoxide and Driving Skills. Arch. Environ. Health 1973;27:349 - 354
- 488) Wright, G., P. Randell, R. J. Shepard: Arch. environm. Hlth 27, 349 (1973)
- 489) Wagoner JK; Infante PF; Bayliss DL: Beryllium: An etiologic agent in the induction of lung cancer, non neoplastic respiratory disease, and heart disease among industrially exposed workers. Environ Res 1980;21:15 - 34

- 490) Ward E; Okun A; Ruder A; et al.: A mortality study of workers at seven beryllium processing plants. *Am J Ind Med* 1992;22:885 - 904
- 491) Willhite, C.C.; Smith, R.P.: The Role of Cyanide Liberation in the Acute Toxicity of Aliphatic Nitriles. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 1981;59:589 - 602
- 492) Ward, C.E.; Starr, T.B.: Comparison of Cancer Risks Projected from Animal Bioassays to Epidemiologic Studies of Acrylonitrile-Exposed Workers. *Reg. Toxicol. Pharmacol.* 1993: 18 : 214 - 232
- 493) WHO (World Health Organization) (1983) Acrylonitrile. IPCS - Environmental health criteria 28, WHO, Geneva, Switzerland
- 494) Wilson, H.K.; Robertson, S.M.; Waldron, H.A.; et al.: Effect of Alcohol on the Kinetics of Mandelic Acid excretion in Volunteers Exposed to Styrene Vapor. *Br. J. Ind. Med.* 1983;40:75 - 80
- 495) Wedler FC: Biochemical and Nutritional Role of Manganese: An Overview. In: *Manganese in Health and Disease*, pp 1 - 36. DJ Klimis-Tavantzis (Ed). CRC Press, Boca Raton, FL (1994).
- 496) Wennberg A; Iregren A; Struwe G; et al.: Manganese exposure in steel smelters a health hazard to the nervous system. *Scand J Work Environ Health* 1991;17:255 - 262
- 497) Wennberg A; Hagman M; Johansson J: Preclinical neurophysiological signs of Parkinsonism in occupational

- manganese exposure. *Neurotoxicology* 1992;13:271 - 274
- 498) Ward, E.; Carpenter, A.; Roberts, D.; Halperin, W.: Excess Bladder Cancer in Workers Exposed to ortho- Toluidine and Aniline. *J. Natl. Cancer Inst.* 1991;83:501 - 506
- 499) Winneke, G.: Behavioral Effects of Methylene Chloride and Carbon Monoxide as Assessed by Sensory and Psychomotor Performance. In: *Behavioral Toxicology Early Detection of Occupational Hazards*. C. Xintaras, B.L. Johnson, and I. de Groot, Eds. National Institute for Occupational Safety and Health, Washington, DC (1974).
- 500) Winneke G (1981) The neurotoxicity of dichloromethane. *Neurobehav Toxicol Teratol* 3: 391 - 395
- 501) Young T; Myers JE; Thompson ML: The nervous system effects of occupational exposure to manganese—measured as respirable dust—in a South African manganese smelter. *Neurotoxicology* 2005;26:993 - 1000
- 502) Zavalic M; Mandic Z; Turk R; et al. Quantitative assessment of color vision impairment in workers exposed to toluene. *Am J Ind Med* 1998;33:297 - 304
- 503) Zeller H, Hofmann HT, Thiess AM, Hey W (Toxicity of nitriles [results of animal experiments and 15 years of experience in industrial medicine]) (German). *Zentralbl Arbeitsmed* 1969;19:225 - 238

- 504) Zielhuis, R.L.: Systemic Toxicity from Exposure to Epoxy Resins, Hardners, and Styrene. J. Occup. Med. 1961:3:25 - 29
- 505) Zundel W (1936) Erfahrungen mit Hautfunktionsprüfungen an 2000 Patienten (Experiences with skin function testing in 2000 patients) (German). Arch Dermatol Syph 2000:173: 435 - 472

Abstract

A study on hazard • risk assessment and
sociality • economy assessment for selecting harmful
factors targeting selected acceptable standards

1. Objectives

The considerable number of studies on the enactment • revision of materials for setting exposure standards have been conducted until now, while studies related to review after conducting studies related on the introduction of acceptable standards in 2006 in materials for setting acceptable standards are relatively insufficient.

As for the studies on acceptable standards conducted until now, new permissible levels about 7 types of 13 ones were suggested through 'hazard • risk assessment and sociality • economy assessment for enacting harmful factors of subjects for setting acceptable standards (2014)'. In 2015, a selection plan to expand chemicals that can cause health hazard to laborers who treat them additionally as the material for setting acceptable standards was reviewed. And as a result, 71 types were selected as the candidate materials after expanding subjects that the acceptable standards are set.

Therefore, this study tries to designate harmful factors of subjects for setting acceptable standards additionally by reviewing the appropriateness of

the change of the management level (The selection of harmful factors of subjects for setting acceptable standards) in the Industrial Safety and Health Act through the execution of hazard · risk assessment and sociality · economy assessment and the analyses on the existing work environment measurement results targeting chemicals necessary for the change of the management level according to the Industrial Safety and Health Act by applying the standard to select harmful factors of subjects for setting acceptable standards conducted by the precedent studies and utilize them in contributions to preventing occupational diseases of laborers.

2. Methods research Results

○ Hazard · risk assessment

The results which applied priorities of hazard · risk assessment of 26 materials of selected research subjects under the guidelines on hazard and risk assessment of chemicals (KOSHA GUIDE, W-6-2016) have found that the same level of ranking was shown in 10 types (Ethylene oxide, methylene, Methylene di(bis)phenyl diisocyanate, cyclohexanone, acrylonitrile, aniline and their homologue, sulfuric acid, dichloromethane, Trichloromethane, beryllium and their compounds, and arsine) of selected materials and the 16 materials (Vinyl chloride , ammonia , 1,3-butadiene, mercury, cobalt and its inorganic compounds, toluene, styrene, 1, 2-Dichloropropane, manganese and its inorganic compounds, chlorine, carbon monoxide, methyl alcohol, volatile coal-tar pitch, sodium hydroxide, methyl bromide, and nickel carbonyl) showed different ranks (For the detailed results, refer to the body.) when priorities of the data of the research on the actual condition of the work environment and the work environment measurement results were compared.

O Sociality • economy assessment

The results that conducted sociality • economy assessment of 26 materials of the selected research subjects have found that the total cost is 15,077,336,291 won, the gross benefit is 30,140,299,928 won, the net benefit is 15,062,963,637 won, and the B/C ratio is 2.00 when 5.5% of the discount rate based on 30 years of the analytical period. And the period has found that the total cost is 18,021,478,102 won, the gross benefit is 36,901,013,746 won, the net benefit is 18,879,535,644 won, and the B/C ratio is 2.05 when 5.5% of the discount rate of permanent standards. So the longer analytical period is, the high net benefit is (For the detailed results, refer to the body).

3. Conclusions

The study will contribute to preventing occupational diseases of laborers by evaluating hazard • risk assessment of the 26 materials that are judged to be necessary for the change of the management level, the technical validity for applying the acceptable standards to them and conducting the survey on the actual condition of laborers' exposure according to the Industrial Safety and Health Act and designating harmful factors of subjects for setting the acceptable standards through the evaluation of sociality • economy of 15 types that the study on the evaluation of maleficence • risk assessment and the actual condition of business exposure in 2016 and 11 types additionally conducted in 2017 based on the result of 'A study on the necessity for expanding selected materials of acceptable standards and the selection standards' conducted in 2015. And the research result of the study will be usefully utilized as the basic data for setting acceptable standards of chemicals that will be reviewed in the future.

4. Keywords

Acceptable standards, Hazard·risk, Treatment situation, Exposure standards,
Working environment measurement, Sociality·economy

부록

[부록-1] 연구대상물질 26종 관련 국내 직업병 사례 조사 결과

암모니아(7664-41-7)

※ 개요
박○○(여, 66)는 1973년부터 약 5년 반 동안 S기업에서 근무한 후 1992년 S대학교병원에서 기관지확장증으로 진단받았다.
※ 작업환경
박○○는 37세 때인 1973년 봄 S기업에 입사하여 1978년 가을까지 약 5년 반 동안 오전 8시 30분부터 오후 9시 30분까지, 그리고 일주일에 3일은 철야로 도금피막처리 작업을 하였다. 연마한 아연 및 구리 합금 장식품을, 마스크도 쓰지 않은 채 시퍼렇고 독한 냄새가 많이 나는 화학물질이 담겨져 있던 3개의 도금조를 차례로 거치게 한 후 수건으로 닦는 작업을 하였다. 겨울에는 연탄난로로 난방을 하였고 여름에는 선풍기를 사용하였으며, 사업장 벽에 작은 환풍기가 설치되어 있었다.
※ 의학적 소견
박○○는 S기업을 퇴사하고 1년 후부터 나타난 기침, 가래, 각혈 등의 증상으로 1992년 처음 S대학교병원에서 우중엽, 우하엽, 좌하엽의 기관지확장증으로 진단받은 후 여러 병원에서 치료하였다. 이후 계속 반복되는 증상으로 여러 병원에서 치료하다가 1999년 11월 17일 촬영한 흉부 고해상도 컴퓨터단층촬영에서도 우중엽, 우하엽, 좌하엽의 기관지확장증(cystic 형) 소견이 있었는데 수술이 불가능한 상태이었다. S기업 전후로 직업력이 없고, 술과 담배는 하지 않았으며, 폐결핵 등 폐질환을 포함한 병력이 없다.
※ 고찰 및 결론

박○○는

- ① 기관지확장증으로 진단되었는데,
- ② 5년 반 동안 구리와 아연 합금의 도금 및 피막처리 작업을 하다가 이직한 지 1년 후부터 기관지확장증의 증상이 나타났고,
- ③ 시안화구리 도금작업 중에는 화학물질의 반응에 의하여 암모니아가 발생하고 피로인산구리 도금작업에서는 암모니아를 도금액으로 사용하는데,
- ④ 암모니아는 기관지확장증을 유발하므로, 5년 반 동안 집중적으로 노출된 암모니아에 의해 발생하였을 가능성이 높다고 판단되었다.

브롬화메틸(74-83-9))

※ 개요

근로자 ○○○은 □사업장에서 2011년 5월부터 2011년 7월까지 2달간 식물방제작업을 수행하였고 방제작업을 하는 동안 몸에 힘이 없고 어지러움을 느꼈으며, 병원에서 메틸브로마이드 중독에 의한 말초신경병증을 진단받았다.

※ 작업환경

과일 등의 소독할 제품을 천막으로 포장하고 테이프로 밀봉을 한 후, 훈증제(메틸브로마이드)를 투약하여 2시간이 지난 후에 포장의 앞뒤를 열고 환풍기를 가동하여 훈증제를 배출하였고, 창고문(너비 약 4m, 높이 약 2.5~3m)에 송풍기 4대(날개 지름 약 1m)를 가져와 바람을 불어 넣어 환기를 보강하였다. 20~30분을 환기 후 포장을 제거하고 천막을 접는 작업을 하였다.

※ 의학적 소견

○○○은 □사업장에서 식물방제작업을 하던 중 근무 2개월째인 7월 초부터 서서히 다리에 힘이 빠지는 것을 느꼈고 잠들 때 다리가 묵직한 느낌이 있어 2011년 7월 대학병원에서 신경계 질환에 대한 진료를 받았고 2011년 9월 메틸브로마이드 중독에 의한 다발신경병증으로 진단받았다.

※ 고찰 및 결론

근로자 ○○○은 2011년 5월부터 7월까지 메틸브로마이드를 사용한 식물

방역작업을 하였다. 말초신경병증을 일으킬만한 다른 직업력, 과거력, 가족력을 가지고 있지 않았고, 과거 방역작업 및 방역 후 제품운반작업에서 메틸브로마이드에 노출되어 말초신경병증 및 기타 신경학적 증상이 나타난 사례들이 있었고, 메틸브로마이드는 피부를 통한 흡수가 가능한데, ○○○ 및 동료 근로자의 인터뷰에서 확인한 결과 반면형 방독면 외에 피부 보호 장비를 착용하지 않은 것으로 나타났으며, 파인애플이나 바나나를 소독할 때 천막 포장안의 메틸브로마이드 농도는 수출입 식물검역소독처리규정에 의하면 2시간 후에 38g/m³으로 고용노동부 노출기준 (TWA 1ppm, 3.9 mg/m³)의 거의 만 배에 가까운 농도이므로 업무관련성이 높다고 판단되었다.

산화에틸렌(75-21-8)

※ 개요

○○○은 1991년 □사업장에 입사하여 청사진(blueprint), 복사, 제본 업무를 수행하였으며, 2001년 동종업종으로 이직하여 동일한 업무를 수행하였다. 2013년 12월 초 언어장애 증상이 발생하였으며 2013년 12월 14일 우측 안면, 손, 다리 등 신체부위 마비 증상과 언어장애가 발생하여 병원으로 이송되어 해당 상병을 진단받았다.

※ 작업환경

청사진 인쇄기는 감광지에 원도를 겹쳐 UV를 조사한 뒤 암모니아에 적시고 열을 가해 현상하여 원도를 복사한다. 광원으로는 주로 고압축 수은램프가 사용되었고, 현상하는데 암모니아수(25%)가 사용되었다. 복사업무는 복사기를 조작 및 관리하고 복사가 완료된 용지를 정리하여 필요에 따라 제단하는 업무이다. 제본업무는 청사진 및 일반복사한 뒤 책자형태로 만드는 작업으로 양장제본, 무선제본, 낱장제본, 중철제본, 와이어·스프링제본 등 다양한 제본방식이 있으나 주로 낱장제본 방식을 사용하였다. 낱장제본에는 접착제가 사용되었으며 2011년경에 제본기를 구입하여 사용하였으나 이전에는 수작업으로 낱장제본을 수행하였다. 낱장제본을 수작업으로 실시할 경우 복사물을 높게 쌓아 놓고 붓으로 직접 접착제를 고르게 발라주고 거즈를 붙여 다시 적착제를 발라주고 30분 이상 자연 건조시켜 필요에 따라 북마크 리본 및 헤드밴드를 붙이고 목공용 접착제를 사용하여 겉표지를 붙여 제품을

완성하였다. 보호장구로는 복사용지에 손 등의 자상(刺傷)을 방지하기 위하여 면장갑을 착용하며, 사업장방문 당시 제본작업 중인 근로자는 면마스크와 토시, 면장갑을 착용하고 있었다. 일반적으로 면장갑 외의 보호구는 지급하거나 사용하고 있지 않았다.
※ 해부학적 분류
림프조혈기계암
※ 유해인자
화학적요인(유기용제_벤젠) 물리적요인(방사선)
※ 의학적 소견
근로자는 2013년 12월 초부터 말이 어눌하고 더듬는 증상이 있다가 우측 위약감 및 구음장애 증상이 심하여 응급실에 방문하였다. 병원에서 촬영한 Non-contrast CT상 뇌경색 및 정중선 변위 소견 하에 대학병원으로 전원 되었으나, 전원 후 같은날 촬영한 brain MRI 상에는 해당 병변이 뇌종양 의심 병변으로 나타났다. 12월 말 개두술 및 천막상 뇌종양 절제술을 실시하였고 조직검사 결과 최종적으로 뇌악성림프종으로 진단되었다. 이후 2014년 3월 시행한 Korea-modified barthel index 점수가 88점이었고, 이는 ‘개인위생, 목욕하기, 식사하기, 옷입기 영역에서 감독 및 최소의 도움이 필요하고, 계단 오르기, 보행 영역에서 안전을 위한 감독이 필요하다’는 소견이었다. 현재는 항암화학치료나 방사선 치료는 받지 않고 있고, 경구 약물 치료중이다. 근로자는 건강보험 요양급여내역 상 특별한 과거력, 가족력은 확인되지 않았다. 의무기록의 간호정보조사에 따르면 담배는 20세 이후 하루 한갑 씩 피웠고(약 24pack · yr), 음주는 매일 소주 반병 씩 마시는 것으로 기재되어 있었다. 음주는 주 1회 소주 1병 정도 마시는 것으로 진술하였다.
※ 고찰 및 결론
○○○은 1991년 □사업장에 입사하여 약 10년간 청사진, 복사, 제본업무를 수행하였으며, 2001년 동종업종으로 이직하여 약 13년 8개월 동안 같은 업무를 수행하였다. 근로자는 43세가 되던 2013년에 악성림프종(두부)으로 진단 받았다. 근로자의 질병과 관련된 작업환경요인으로는 고무제조산업 등이 충분한 근거가 있는 것으로 알려져 있고, 벤젠, 전리방사선, 산화에틸렌 등이 제한적 근거가 있는 것으로 알려져 있다. 근로자는 약 23년 8개월 간 복사업체에서 근무하면서 사용한 접착제 및 신너에 함유된 벤젠에 노출

되었을 것으로 추정하고, 그 누적 노출량은 10 ppm · yr를 상회하는 수준이었을 것으로 추정한다. 따라서 근로자의 상병은 업무관련성이 높은 것으로 판단한다.

1,3-부타디엔(106-99-0)

※ 개요

근로자 ○○○은 2000년 11월부터 2014년 8월 까지 약 14년간 □사업장에서 선박엔진 부품 및 쿨러를 세척하고 정비하는 업무를 수행하였다. 이후 2007년경 재생불량성 빈혈, 2014년 8월 골수형성 이상증후군을 각각 진단받았다. 근로자 ○○○은 □사업장에서 세척업무를 하던 중 사용했던 솔벤트에 의해 해당 상병이 발생하였다고 생각하여 2014년 11월 근로복지공단에 요양급여를 신청하였다.

※ 작업환경

□사업장의 작업장 내부는 250평 규모의 3개 공장으로 이루어져 있으며, 작업공정은 크게 군수용 선박엔진수리와 민자용 선박엔진부품을 세척·도장하여 납품하는 공정으로 나눌 수 있다. 민자용 선박 엔진 부품제작공정은 부품이 납품되면 ①조립 ②방청제나 기름때를 제거하기 위한 세척 ③사상 ④도장 ⑤재조립 ⑥최종 검사 ⑦납품의 순서로 이루어졌다. 이 중 근로자 ○○○가 주로 참여하였던 공정은 세척 작업으로서, 세척 작업 시에는 유기용제(BC-1000)를 사용하였고, 사업장에서 제출한 MSDS상 BC-1000에는 벤젠이 1% 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 세척작업은 물과 솔벤트 를 7:1~10:1의 비율로 혼합하여 고압 분사하는 방식으로 이루어 졌으며, 특별히 엔진 노즐을 세척하는 경우에는 섬세한 작업을 필요로 하기 때문에 보호 장갑을 착용하지 않고 직접 손으로 문질러 닦았다고 피해자는 진술하였다. 최근에는 기존의 솔벤트인 BC-1000이 유해하다고 판단하여 벤젠 함유량이 더 적은 JH-SOL로 교체하였으며, 세척공정은 고압 물(high-pressure water) 세척으로 변경하였다. 보호구 착용실태는 전반적으로 좋지 않았다. 닦는 형태의 세척제 작업 중에는 분진마스크를 착용하고 있었으며, 스프레이 세척업무(시연시) 중에만 방독마스크를 착용하였다. 그러나 피해자 는 과거의 세척 작업 시에는 방진마스크를 주로 착용하였다고 진술하였다.

※ 해부학적 분류

림프조혈기계암

※ 유해인자
화학적요인(유기용제, 벤젠)
※ 의학적 소견
근로자 ○○○은 2006년 12월에 실시한 건강검진 결과 혈중 혈소판 및 백혈구 감소 소견이 있었으며, 2007년 1월 재생불량성 빈혈 진단을 받았다. 이후 별다른 이상 없이 지내다가 2014년 8월경부터 다리에 쉽게 멍이 드는 증상 및 두통 등이 지속적으로 발생하여 골수검사를 시행하였으며, 그 결과 2014년 8월 골수형성 이상증후군을 진단받았다. 피재자는 상병에 대하여 2014년 10월 조혈모세포이식을 받은 후 현재 경과 관찰중이다. 근로자에게 특별한 암의 가족력이나 과거력은 확인되지 않았다.
※ 고찰 및 결론
국제암연구소(IARC)에서는 골수형성 이상증후군과 관련 있는 직업적인 유해요인으로 벤젠, 1,3-부타디엔, 포름알데히드, 전리방사선 및 고무제조업이 충분한 근거가 있는 요인으로 분류하고 있다. 근로자 ○○○은 근무 중에 1,3-부타디엔, 포름알데히드, 산화에틸렌 등을 직접적으로 취급한 적은 없었으며, 방사선에 노출되거나 면역억제제 등을 복용한 경험도 없었다. 벤젠에는 □사업장에서 근무한 약 14년 동안 노출된 사실이 확인되었으며, 작업장 면적 및 환기 수준을 고려하여 벤젠 노출량을 추정한 결과통합 노출수준은 16.41~25.16 ppm-years 으로 확인되었다. 이는 피부노출은 포함되지 않은 노출량으로서, 주요 작업 중의 하나인 노즐 세척 시 주로 맨손으로 벤젠이 함유된 솔벤트를 사용했던 작업 특성을 감안하면 실제 노출수준은 본 추정 수준보다 훨씬 상회했을 것으로 판단된다. 따라서 근로자 ○○○의 벤젠 통합 노출 수준은 산업재해보상법에 명시되어 있는 업무상인정기준인 10 ppm-years 를 초과하는 것으로 판단된다. 이에 근로자 ○○○에게서 발생한 골수형성이상증후군은 업무관련성이 높다고 판단한다.

톨루엔(108-88-3)

※ 개요
근로자 ○○○은 1989년부터 운전인쇄 및 블랑켓 세척작업을 시작한 이후, 여러 회사로 이직하였으나 지속적으로 동일 업무를 수행하였다. 2007년 11월 □사업장에 입사하여 동일업무를 수행하던 중, 2008년 12월 오른손 팔에 힘이 안들어 가고 오른팔 끝림 현상이 있어 병원을 방문하여 파킨슨병으로 진단받았다.
※ 작업환경
현 사업장에서 ○○○의 운전인쇄 업무는 급지부, 4색유닛, 건조장치, 냉각부, 접지부, 배지부의 6개의 공정으로 이루어져 있으며, 공정에서 사용하는 약품은 잉크류, 이소프로필알코올(IPA) 및 블랑켓세척제(Super Wash 100)등으로 조사되었다. 약품의 각각 월별 사용량은 잉크류 700kg, IPA 250L, Super Wash 100은 330L로 조사되었다. 블랑켓 세척은 원액용기 외에 별도로 담아 놓은 용기에 있는 것을 고무장갑을 착용하여 사용하고 있었다. 블랑켓 세척은 인쇄물이 변경 될 때, 불규칙적으로 5분~10분 정도 세척하는 것으로 조사되었다. 현 사업장에 근무하기 이전인 1989년부터 2007년까지는 블랑켓 세척제로 벤졸(톨루엔)을 썼다고 진술하였으며, 현사업장에서 근무한 2007년부터는 Super Wash 100을 사용하였다. 2009년~2011년 운전인쇄공정 유기화학물 작업환경측정결과서를 검토한 결과 총 8개 물질이 검출되었으며 3년간 모든 물질에 대해 노출기준 미만이었으나 IPA에 지속적으로 노출되었음을 알 수 있었다. 또한 세척제의 성분분석결과 Trimethylbenzene 및 Hexane을 함유하고 있어, 이들 물질에 지속적으로 노출되었을 가능성이 높았다.
※ 의학적 소견
○○○은 2007년 11월 □사업장에 입사하여 운전인쇄 작업을 하였다. 사업장 방문조사시 동료 근로자는 1990년대 △사업장 근무 시 ○○○은 민첩하고 성실하여 2007년 재입사하도록 주선하였으나 입사 초기부터 행동이 조금 느리고 오른쪽 손발이 뇌졸중 걸린 사람처럼 힘이 없었다고 하였다. 2008년 12월 블랑켓 세척 작업 시 오른손 힘이 빠지는 증상을 주소로 병원을 방문하였고, 2009년 9월 서동증, 자세불안전증, 도파민에 대한 임상증상 호전 등을 근거로 파킨슨병으로 진단 받은 후 현재까지 약물 치료 중으로 도파민에 대한 반응은 좋은 편이었다. 병원에서 시행한 뇌MRI는 정상 소견이었다. 농약 노출력은 없고, 본드 흡입같은 약물 남용력도 없으며, 가족력에서 어머니의 당뇨병 외에 파킨슨병의 가족력도

없었다. 담배는 하루 반갑씩 20년간 피웠고, 음주는 일주일에 소주 1병 정도를 마시고, 커피는 일주일에 3~4잔 정도를 마셨다.

※ 고찰 및 결론

근로자 ○○○의 파킨슨병은 작업내용(세척작업시 고동노의 유기용제 노출) 및 환경, 문헌조사 결과 인체소의 유기용제 노출수준이 고농도이며 장기간 노출된 것으로 확인되었으므로, 업무관련성이 높다고 판단되었다.

수은(7439-97-6)

※ 개요

김OO은 1986년 10월 22일 H회사에 입사하여 금속 사상 작업을 하였다. 2003년 3월에 간질성 폐질환으로, 5월에 피부근염으로 진단 받고 치료하던 중 2003년 5월 7일 사망하였다.

※ 작업환경

김OO은 최소 85% 의 알루미늄이 포함된 원자재를 절단하여 hand grinder로 라우팅, 사상, 연마하는 작업을 했다. 이전에는 집진 시설 없이 작업하다가 1996년 5월 1일 국소배기시설이 설치되고, 1990년대 중반부터 방진마스크가 지급되었다. 도장부서 집진기로 인해 화학물질 냄새가 심하게 나기도 했다.

※ 의학적 소견

김OO은 2002년 2월 C병원에서 류마티스 관절염으로 진단 받고, 2003년 2월 S대학병원에서 류마티스 관절염 및 미만성 간질성 폐질환으로 진단 및 치료를 하였다. 2003년 5월 10일 근육병증이 없는 피부근염 및 간질성 폐질환으로 진단 받은 후 치료를 받는 도중 근위부 근육병증이 확인되었다. 음주 및 흡연력은 없다.

※ 고찰 및 결론

미만성 간질성 폐질환의 원인으로는 무기분진(진폐증), 유기분진(과민성 폐렴), 가스, 흙, 에어로졸, 약물, 감염, 방사선, 중독 등이 있지만 원인을 모르는 것이 많아 거의 모든 종류의 폐 및 전신질환이 폐 간질을 침범하여 일으킨다고 할 정도이다. 간질성 폐질환의 일종인 특발성 폐섬유화증은 금속 분진 및 목재 분진과 관련이 있는데 철강, 황동, 납이 주요 금속

분진이고 코발트, 알루미늄, 아연, 카드뮴, 수은 노출도 이에 관여하는 것으로 알려져 있다. 피부근염의 원인은 아직 정확히 모르지만 세포 매개성 면역기전에 의한 것으로 이해되고 있다. 간질성 폐질환이 동반되면 50-64%에서 anti-Jo-1이 검출된다. 김OO은 간질성 폐질환과 피부근염이 동반되었는데 anti-jo-1이 검출되지 않았고, 15년 6개월 간 85% 이상의 알루미늄 및 다양한 금속이 함유된 원자재를 절단 및 사상하는 작업을 하면서 초기 10년 간 이들 물질에 집중적으로 노출되었고, 알루미늄 및 다양한 금속이 간질성 폐질환의 위험도를 증가시키고, 면역 활성화 및 자가항체 형성을 유발한다는 보고가 있으므로, 당해 근로자의 간질성폐질환 및 피부근염은 업무와 관련하여 발생하였을 가능성이 높은 것으로 판단되었다.

일산화탄소(630-080-0)

※ 개요
근로자 ○○○은 2013년 1월 □사업장에 입사하여 14일 동안 서울소재 외식사업장에서 하루 10시간의 숯불 취급업무를 수행하던 중 사업장에서 의식을 잃고 쓰러졌다. 이후 가슴 통증을 호소로 병원을 내원하여 급성 일산화탄소 중독 및 스트레스 심근병증을 진단받았다.
※ 작업환경
○○○은 숯불을 점화하거나 불이 약한 숯불을 재점화하는 업무를 수행하였고, 업무시간은 하루에 12시간 가량 되었으며, 1주에 6일 근무하였다. 하루에 점화하는데 사용한 숯은 3-4 박스였다.
※ 의학적 소견
근로자는 고혈압의 과거력이 있었다. 20갑년의 흡연력이 의무기록상 확인되었으며, 특이 가족력은 없었다. 14일 동안 서울소재 외식사업장에서 하루 10시간의 숯불 취급업무를 수행하던 중 사업장에서 의식을 잃고 쓰러진 뒤 가슴 통증을 호소하여 병원 방문 후 급성 일산화탄소 중독 및 스트레스 심근병증을 진단받았다.
※ 고찰 및 결론
근로자 ○○○은 14일 동안 작업 중 일산화탄소를 배출하는 숯을 다루는 작업을 수행하였으며, 내원당시 혈중 일산화탄소 헤모글로빈 수치가 일산화탄소 중독에 합당한 소견을 보였다. 또한 근로자의 심장 관련 증상은

금성일산화탄소 중독의 합병증으로 올 수 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 근로자의 상병은 업무관련성이 높다고 판단되었다.

베릴륨 및 그 화합물(7440-41-7)

※ 개요
근로자 이○○는 2004년 12월 치과기공사에 기공사로 근무하다 2005년 3월 과민성 폐렴으로 진단받았다. 역학조사 결과 과민성 폐렴의 원인으로 알려진 베릴륨과 코발트 흙 및 분진에 노출된 것이 확인되었다.
※ 작업환경
근로자는 31세 때인 2004년 12월 16일 입사하여 사기치아인 도재보철물(porcelain)을 제작하는 업무를 하였다. 작업내용은 전날 저녁 치아 형태로 만든 왁스(wax)를 cristobalite metal 성분의 매몰재에 매몰해 소환로에서 2시간 동안 900 ℃로 소환한다. timer에 의해 소환된 매몰재로 오전 9시부터 1시간 정도 원심주조기에서 니켈(76%), 크롬(14%), 몰리브덴(6%), 알루미늄(2.5%), 베릴륨(1.99%), 코발트 등의 금속을 용융해 porcelain metal을 주조하는데(casting), 이 때 계속 직접 확인하면서 주조 상태를 조절한다. 이 후 약 3시간 정도는 보통 0.5 mm 두께로 주조된 porcelain metal에 붙어 있는 매몰재를 망치로 깨서 제거하고 sand blast로 털어낸 다음, 연삭기인 hand piece를 사용하여 0.2 mm 두께까지 깎고 갈고 다듬는다(disking). 이후에는 석고 모델에 액체 및 분말의 acrylic resin을 혼합해 부어서 가의치인 임시보철물을 제작하는 한편, 다음 날의 porcelain metal을 위해 치아 형태의 왁스를 제작한다(waxing).
※ 의학적 소견
2005년 2월 갑자기 기침, 호흡곤란, 피로감 등이 시작되어 동네의원을 방문하였다가 큰 병원 권유받아 방문하여 실시한 폐기능 검사와 폐확산능 검사에서 제한성 환기장애 소견이 있었고, 흉부CT에서 아급성 과민성폐렴이 의심되는 소견이 있었다. 입원치료를 받았으나 별로 호전이 없었고, 흉부 CT소견은 더욱 악화되었다. 조직검사를 위해 대학병원으로 전원되었고, 기관지세척액 검사에서 림프구가 93%로 많이 증가되어 있었다. helper T세포는 감소하고, suppressor T세포는 증가되어 있었다. 조직검사에서는 간질성 폐렴 소견이 있었다. 스테로이드 치료를 시작하면서 점차 회복하였다.
※ 고찰 및 결론

근로자 이○○은 ① 과민성 폐렴으로 진단받았는데, ② 치과기공사로 근무하면서 발병 직전 약 50일간 베릴륨과 코발트 흙 및 분진에 노출되었는데, ③ 이들 금속은 과민성 폐렴을 유발한다고 잘 알려져 있어, 이○○의 과민성 폐렴은 업무와 관련하여 발생하였을 가능성이 높다고 판단된다.

스티렌(100-42-5)

※ 개요

근로자 망 ○○○은 2002년 10월부터 2013년 1월까지 □사업장에서 비파괴검사를 수행하였다. 2012년 9월 극심한 피로감, 허리통증, 구토증상으로 병원을 방문하였으나 뚜렷한 진단을 받지 못하고 2012년 11월 구토증세로 다시 병원 방문하여 검사한 결과 급성림프구성 백혈병으로 진단 받았다.

※ 작업환경

망 ○○○은 2002년 10월(만 27세)에 □사업장에 입사하여 약 10년간 비파괴검사업무에 종사하였다. 2002년 10월부터 2013년 1월 퇴사시까지 법정선량계(TLD) 개인피폭량이 기재되어 있었다. 근무기간 중 최대 연간 피폭선량은 12.04 mSv(2009년)로서 연간 유효선량 한도 기준인 50 mSv이하였으며, 5년간 누적선량이 가장 높은 기간의 유효선량도 28.84 mSv (2005년~2009년)로서 기준치인 100 mSv를 초과하지는 않았다. 개인피폭선량 기록서를 바탕으로 평가한 전체 백혈병(만성 림프구성 백혈병 제외)에 대한 인과확률의 점추정치는 35.1%, 95백분위수의 신뢰구간을 적용한 인과확률 추정치는 47.97%이었으며, 급성림프구성백혈병에 대한 인과확률의 점추정치는 11.78%, 95백분위수의 신뢰구간을 적용한 인과확률 추정치는 28.21% 이었다. 비파괴검사 작업 중 방사선 투과검사 이외에 자분탐상검사, 침투탐상검사, 그리고 필름 현상작업 시 노출되는 화학물질의 MSDS자료를 살펴보았는데 급성 골수성 백혈병을 일으킬 수 있는 것으로 알려진 화학물질은 발견되지 않았다.

※ 의학적 소견

망 ○○○은 2012년 9월 구토증상과 허리통증을 주소로 개인 의원 진료를 받았으나 원인을 찾지 못하고 대증 치료만 하다가, 2012년 11월 심한 구토가 지속되어 병원 응급실을 방문하여 시행한 혈액검사 상 빈혈, 혈소판 감소증 소견을 보였고, 이후 시행한 골수검사에서 B세포 계통의 급성

림프구성 백혈병으로 진단 받았다. 그 후 항암 약물치료와 조혈모세포이식술을 시행 받았으나 증세 악화되어 2013년 8월 사망하였다.

※ 고찰 및 결론

근로자 망 ○○○는 2002년에 □사업장에 입사하여, 2012년까지 약 10년간 비파괴검사 업무를 수행하였다. 근로자의 상병과 관련 있는 직업적 유해요인으로 1,3-부타디엔, 포름알데히드, 전리방사선 등이 충분한 근거가 있는 것으로 알려져 있으며, 제한된 근거로는 벤젠, 도장작업, 페놀, 스티렌 등이 있다. 근로자는 비파괴검사업무 중 방사선에 노출되었고, 기록으로 확인된 연간 피폭선량은 12.04 mSv, 5년간 누적선량은 28.84 mSv이나 실제 피폭선량은 이보다 더 높을 것으로 추정하였다. 따라서 근로자의 상병은 업무관련성이 높을 것으로 판단하였다.

망간 및 그 무기화합물(7439-96-5)

※ 개요

최○○은 약 23년 10개월간 용접반에서 근무했으며, 2005년경부터 자세불안정, 감각이상 등의 증상이 발생하였고 2006년 어지러움, 다리에 힘이 없고 말이 어눌해지는 현상으로 진료받고 2007년 ○○병원에서 파킨슨병 진단을 받았다.

※ 작업환경

○○공업은 자동차 부품을 전문적으로 생산하는 업체로 1985년에서 2009년 2월까지 생산직 근로자로서 용접반에서 spot용접 및 CO2용접을 하였다. 근로시간은 2003년 이전에는 주 6일 근무로 하루 12시간, 토요일은 9시간이었고 1주일에 1~2번 철야작업을 하는 경우도 있었다. 보호구도 제대로 착용하지 않았고 국소배기장치 시설 없이 선풍기로 환기를 했다. 2003년 △△공업에 인수되고 (사업장 사명변경 3번 있음) 주 5일 근무에 작업시간은 8시부터 19시30분까지 1일 평균 약 3시간정도의 연장 근무를 하였다. 이때부터 로봇 용접 시설이 이루어져 직접 용접일은 많이 줄고 반장으로임명되어 근로자 관리를 하였으며 국소배기장치가 가동되었다. 5년간 작업환경 측정표에서 망간흡 발생은 기준치 이하였다.

※ 의학적 소견

최○○은 2005년경부터 자세불안정 및 감각이상 발생하였고, 2006년 4월 어지러움증과 다리에 힘이 없고 말이 어눌해지는 증상으로 치료를 받던중 2007년 ○○병원에서 파킨슨병 진단을 받았다. 2005, 2006, 2007, 2008년

실시한 건강검진상 간장질환 및 난청주의 판정을 받았다. 흡연은 20세경부터 시작했으나 2003년 이후 금연을 하였고, 음주는 일주일에 소주 2병 정도를 마셨다. 대사성 질환, 두부손상경력, 중추신경계 감염성 질환, CO중독, 신경질환 등이 없었으며 약물 복용력도 없다. 파킨슨병으로 진단받고 levo dopa 약물 치료를 받았으나 증상 호전 정도는 미약하였다 한다. 현재는 증상의 악화가 매우 빨라 구움장애로 거의 의사 전달이 되지 않고 간병인의 도움으로 간신히 화장실 출입을 할 수 있는 상태로 요양병원에서 입원 치료를 받고 있다.

※ 고찰 및 결론

망간의 직업적 노출은 전적으로 망간의 분진이나 흙을 흡입함으로써 발생하는데 현재는 용접공들이 망간 노출군으로서 문제가 되고 있다. 용접 작업에서 망간 흙에 노출되며 용접 종류, 채취 위치에 따라 노출 수준이 다른데 $1-4\text{mg}/\text{m}^3$ 및 $0.1-1.56\text{mg}/\text{m}^3$ 등으로 나타났다. 망간 중독의 기본적인 양상은 ①망간에 직업적으로나 환경적으로 노출된 과거력이 있고, ②'Manganese madness'라고 하는 전구증상이 나타나기도 하며 ③ 운동장애는 양측성으로 ④ MRIT1-weighted image상 고신호강도가 나타나며 ⑤ L-dopa 치료에 반응을 보이지 않으며 ⑥EDTA chelation에 양성 반응을 보인다. 일반적으로 망간 중독에서의 신경학적 증상은 노출이 중지되어도 회복되는 경우가 드물고 증상이 그대로 고정되거나 악화된다. 최○○에게 발생한 파킨슨 증후군은 최○○는 23년 10개월간 하루 평균 12시간 이상씩 용접 작업 중에 망간흙에 노출되었으며, 과거력상 파킨슨증후군과 관련된 약물복용력이나 일산화탄소 중독경력, 중추신경계의 감염성 질환, 대사성질환, 신경질환, 두부손상 경력이나 농약이나 유기용제 노출 경력이 없었으며, 2003년 이전의 작업장 환경은 몹시 열악하였고 보호구 착용도 미비하였으며, 임상 양상(intention tremor, 초기의 구움장애, 뚜렷한 postural instability, difficult backward gait)이나 L-dopa 치료에 반응이 미약하고 증상의 악화가 빠르게 진행된 점이 일반적인 파킨슨씨병보다는 망간에 의한 파킨슨 증후군에 부합되는 면이 많아, 무관련성이 있는 것으로 판단하였다.

시클로헥사논(108-94-1)

※ 개요
조○○(여, 46세)은 1년 7개월 간 H백신 셋트실에서 수액셋트를 접착하는 작업을 하던 중 2001년 8월 28일(공조 공사 기간)부터 두통, 흉부압박감, 어지럼증, 이상감각, 협동운동실조증 등의 급성유기용제중독증이 발생하였다.
※ 작업환경
셋트실에서 근로자 조○○이 했던 작업은 수액셋트의 이분된 챔바의 접착과 약물이 떨어지는 부위와 망사를 접착하는 작업이었다. 2000년 작업환경측정 결과에 의하면 셋트실의 시클로헥사논 기중농도는 3.5ppm으로 노출기준 25ppm보다 훨씬 낮았지만 2001년 7월 13일부터 환기시설에 대한 공조공사가 시작되면서 환기 장치의 대부분이 작동을 하지 않았고, 에어컨 가동도 중단되어 실내 온도가 30℃ 이상까지 올라갔으므로 공조작업기간(7월 13일 부터 9월 3일까지) 동안의 작업장 노출 수준은 이보다 훨씬 높았을 것으로 판단할 수 있었다. 동료근로자들의 말에 의하면 공조공사 기간 동안 모든 근로자들이 눈이 별절게 충혈되었고 독한 냄새 때문에 머리가 아팠다고 하였다.
※ 의학적 소견
흡연력과 음주력은 없었고 과거력상 자궁경부의 용종으로 산부인과 의원을 방문한적이 있었고 관절염(확실한 진단명은 아님)증상이 있어 정형외과 의원을 방문하여 관절약을 복용하였다고 한다.
※ 고찰 및 결론
시클로헥사논이 체내로 침입되는 주된 경로는 호흡기이며, 이밖에 눈 또는 피부를 통하여 흡수된다. 눈, 코, 목을 자극하고 고농도에서는 중추신경 억제작용을 유발할 수 있다. H백신 셋트실의 공조공사기간 동안 함께 작업하였던 동료 근로자들의 진술에서 모든 근로자에서 시클로헥사논에 의한 안자극 증상(결막충혈)이 나타났고 특히 같은 작업을 했던 동료 근로자 김○○가 근로자 조○○와 같은 증상으로 1주일 간 병가를 냈었고 작업에 복귀한 후에도 유사한 증세로 작업 수행에 지장을 받았다는 점으로 미루어보아 당시의 노출수준은 노출기준 25ppm을 훨씬 초과했을 것으로 판단되었다. 이상의 조사결과 조○○의 급성유기용제중독증상은 공조공사기간 중 고농도의 시클로헥사논에 노출되어 발생하였으므로 업무상질병의 가능성이 높다.

코발트 및 그 무기화합물 (7440-48-4)

※ 개요
근로자 ○○○은 2011년 2월 □사업장에 입사하여 비트인서트담당 설비조작원으로 드릴센터리스(Drill centerless) 연삭가공작업을 하다가 2011년 5월 전신에 가려움증을 동반한 갈색의 색소성 반이 나타나 병원에서 ‘알러지접촉피부염(양팔), 염증후과색소침착(양팔)’을 진단받았다.
※ 작업환경
○○○은 4개월간 드릴 센터레스 금속 연삭가공작업을 하였고, 이 작업은 라우터 센터레스, 라우터 단연삭과 동일 공간에서 이루어지고 있었으며, 세 공정 모두 금속가공유가 아닌 절삭수를 사용하여 연삭작업을 하고 있었다. 절삭유를 사용하는 드릴 단연삭 공정이나 홈 가공 공정, 샤프트 공정은 벽으로 분리되어 있었다. ○○○은 특정 치수크기로 절삭공구인 드릴금속을 아가톤 센터레스 장비로 연삭가공하였다. 작업 과정에서 금속 슬러지가 피부에 접촉되는 것을 확인할 수 있었다. 방문조사 당시 동료작업자들이 방진마스크 및 보호장갑은 착용하지 않고 있었다.
※ 의학적 소견
○○○은 2011년 2월 □사업장에 입사하여 비트인서트담당 설비조작원으로 드릴센터리스(Drill centerless) 연삭가공작업을 하다가 2011년 5월 전신에 가려움증을 동반한 갈색의 색소성 반이 나타나 2011년 6월 병원에서 ‘알러지접촉피부염(양팔), 염증후과색소침착(양팔)’을 진단받았다. 연구원에서 정확한 진단을 위해 근로복지공단으로 알레르기성 혹은 자극성 접촉 피부염에 대한 특진을 의뢰하였다. 2011년 9월 병원 피부과에서 특진 결과, “염증후 과다색소침착 의증”으로 알레르기 접촉피부염 진단을 위한 검사는 시행하지 않았는데, 병변 자체가 없어 더 이상 진행되지 않았다.
※ 고찰 및 결론
근로자 ○○○은 비트인서트담당 설비조작원으로 드릴센터리스(Drill centerless) 연삭가공작업을 하였다. 다른 신체부위에는 병변이 없으며, 원자재의 구성성분 중 접촉성 피부염의 원인으로 알려진 니켈, 코발트, 크롬 등이 함유되어 있어 업무관련성은 높다고 판단되었다.

[부록-2] 연구대상물질 26종 관련 국외 직업병 사례 조사 결과

▶ 삼수산화비소

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
-	-/5ppm	알루미늄 탱크 청소에서 아르신 노출로 인한 중독 증상	Morse and Setterlind 1950(18)
-	- / -	금속 정제 공장에서 아르신 노출로 인한 중독 증상	Nielsen 1968(22)

▶ 암모니아

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
-	-/20pm, 100ppm	암모니아를 흡입 한 근로자의 호흡기관 및 림프선에 자극	Vigliani and Zurlo 1955(13)

431 부록

많은 수의 근로자	- / 20-25ppm	청사진 및 복사기에서 암모니아에 노출된 근로자는 심각한 불평없음	Vigliani and Zurlo 1955(13)
-----------	--------------	--	--------------------------------

▶ 염소

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
-	-/15ppm	제지공장에서 만성 중독의 한 사례로 기침, 심한 가슴통증, 인후통 및 객혈을 일으킴	McCord, 1926(9)
근로자	-/ 5ppm	호흡기 질환, 치아 부식, 코 점막의 염증, 결핵에 대한 감수성 증가	Heyroth, in patty, 1963(7)

▶ 브롬화메틸

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
약 121명	-/60,000ppm (정확히 알려져 있지 않음)	급성중독으로는 폐자극. 중독으로 인한 말단 마비, 섬망상태, 경련, 간질	von Oettingen, 1955(35) Wyers, 1944(36)
일부 근로자	-/30~3000ppm	브롬화메틸을 주입하여 토양 살균작업 중 심각한 중독	van den Oever, 1978(37)
2명의 공장 근로자	-/>390ppm	브롬화메틸 중독 현상 발생	Tourangeau and Plamondon, 1945(40)
90명의 근로자	2주/<35ppm	구역질, 구토, 두통, 피부병변, 경미한 전신중독 증상	Watrous, 1942(43)
6명의 살균작업 근로자	40분/35g/m ³ (9000ppm)	심각한 피부자극. 특히 겨드랑이, 사타구니, 복부에 다수의 소포와 급격한 홍반 겪음	Hezemans-Boer, 1988(47)

▶ 수산화나트륨

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
-	-/-	섭취시 구강, 식도 위점막 등 영향부위 손실. 고혈압, 구토, 호흡곤란, 퇴행 및 심한 통증 등의 급성 중독 증상	Kirsh, 1978(17) Muhlendahl, 1978(10)
청소 작업 근로자	-/0.005~0.7mg/m ³	코, 목 또는 눈의 타거나 붉어지는 듯한 느낌 관찰	Hervin, 1973(24)
1명의 오븐 청소 작업 근로자	-/0.24~1.86mg/m ³	목의 가벼운 자극	NIOSH, 1997(25)
다수 근로자	-/-	고농도 노출시 심각한 눈손상 보고	NIOSH, 1997(25)

▶ 산화에틸렌

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
스웨덴 살균공장 근로자 약 230명, 산화에틸렌 생산공장 근로자 241명	-/노출농도 부족	단기간 노출, 화학물질 작업자 등을 포함한 근로자에게서 백혈병 발생	Hogstedt, 1979(56,57)
733명	-/-	저농도에 장기간 및 간헐적 노출에 의한 역학조사 결과 백혈병 8건, 위암 6건 발생	Hogstedt, 1986(61)

▶ 염화비닐

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
최대 8명의 자원봉사자	491 ppm (3.5 h), 493 ppm (7.5 h)	경미한 두통, 눈과 코의 건조	Baretta et al., 1969
남성 3명, 여성 3명	12,000 ppm (하루 2회, 6시간 간격, 3일)	현기증과 비틀거림(reeling)	Lester et al. (1963)
자원봉사자 남성 2명	25,000 ppm (3 min)	현기증, 방향감각 상실, 발바닥에 붙는 감각	Patty et al. (1930)

▶ 황 산

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
12명의 정상적인 남성	39.4 mg/m ³ 62 % 습도, 1hr	노출한지 몇 분 안에 기침이 시작되었지만 내성은 12명의 시험자 모두 36-100% 증가함	U.S. Dept Health & Human Services/Agency for Toxic Substances & Disease Registry; Toxicological Profile for Sulfur Trioxide and Sulfuric Acid p.42 (December 1998). Available from, as of June 17, 2016
	20.8 mg/m ³ 91 % 습도, 30 min	강렬한 기침	
불특정 다수의 남성	0.35 - 5 mg/m ³ 5~15 min	3mg/m ³ 이상부터 농도는 냄새, 맛, 자극을 느낌 5mg/m ³ 은 일부에게 매우 불쾌감을 주었지만 다른 사람들에게는 그렇지 않음, 집중하여 깊게 심호흡시 기침을 일으킴	Amdur and associates (1952)

▶ 1,3-부타디엔

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
남성 2 명 1 시간 (h) 점심 시간	2,000 ppm (7 h)	눈의 약간의 아림(smarting) 계기 저울에 초점을 맞추기 어려움	Carpenter et al. 1944
남성 2 명 1 시간 (h) 점심 시간	4,000 ppm (6 h)	눈의 약간의 아림(smarting) 계기 저울에 초점을 맞추기 어려움	Carpenter et al. 1944
남성 2 명 1 시간 (h) 점심 시간	8,000 ppm (8 h)	주관적인 불만 없음	Carpenter et al. 1944
성별에 대한 상세 정보 없음	1% (10,000 ppm) 5 minute (min)	쭈시는 감각, 코와 목구멍의 건조함	Larionov et al. 1934
5명의 자원 봉사자	10,000 ppm 5 min	코와 목에 약간의 자극이 나타남 맥박수는 약간 증가하지만 혈압이나 호흡에는 영향을 미치지 않음	Shugaev 1968

▶ 1,2-디클로로프로판

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
-	-	7% -13%의 프로필렌 디 클로라이드를 함유한 시판용 제제에 노출된 플라스틱 산업계 근로자의 경우 2건의 알레르기성 피부염이 보고됨	-
-	-	흡입 또는 섭취로 인한 작업자의 사망은 프로필렌 디 클로라이드가 함유된 혼합물에 노출된 것으로 보고되었다. 철도 차량 사고로 DOW 421명이 3000 갤런 (4 o-디클로로 벤젠: 2 염화 에틸렌: 1 에틸렌 디 클로라이드)으로 24 시간 이내에 사망하고 6명은 폐부종, 폐기종, 기관지 폐렴, 빈맥 및 상부 및 하부 호흡기 상피의 파괴로 입원. 이 6명 중 3명은 사망..	-

▶ 톨루엔

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
42명의 대학생	3일 각각 7시간동안 75ppm, 150ppm	패턴기억과 패턴인지를 포함한 많은 수의 4가지 시험들을 포함한 행동과 인지시험에서 감소	Echeverria D et al.(1989)(21)
43명의 인쇄공	6시간 30분동안 100ppm	피로, 졸림, 취한느낌, 육체능력감소, 색구별 능력감소, 테스트에서 시각에서 정확도감소	Baelum J et al.(1985)(22)
18명의 지원자	4시간동안 100ppm	민첩도와 정신운동기능의 28가지 측정들을 시험받았고 시각적-경계시험에서 약간의 장애	Dick RB et al. (1984)(4)
싱가폴의 54명 인쇄공	246 mg/m ³ (65ppm)	톨루엔의 평균혈액수준은 0.63mg/L; 피부염은 대조군에서 1.9%인 것과 비교하여 인쇄공들에게는 38.9%	Chia SE et al. (1987)(38)
남성작업자 30명	12년 이상 50에서 80ppm	수용능력, 기억, 배움 감소로 나타난 지적기능의 장애	Larsen F et al. (1988)(39)
싱가폴의 여성 30명	88ppm	손재주, 시각, 그리고 언어적 기억의 감소	Foo SC et al. (1990)(40)
그라비아인쇄공과 고무공장 작업자	36 과 42ppm	잠재적인 파랑-노랑 색각변화; 노출되지 않은 제본업자의	Campagna D et al. (2001)(45)

		그룹(N=19)와 비교했을 때 72명의 인쇄공과 공장에서의 34명 작업자에게서 색각변화	
로토그라비아인쇄공장과 신발공장 작업자	66ppm과 250ppm	공기 중 톨루엔, 혈액 중 톨루엔 그리고 orthocresol 또는 소변의 마노산의 수준과 연관된 색각 변화	Zavalic M et al.(1988)(48)
남성 로토그라비아 인쇄공 20명		여포자극호르몬follicle stimulating hormone (FSH), 황체형성호르몬luteinizing hormone (LH) 그리고 테스토스테론에서 가역적 변화; FSH, LH의 혈장수준은 더 낮았고 활성테스토스테론을 보였다	Svensson BG et al.(1992)(49)
독일에서 톨루엔에 노출된 150명의 남성과 90명의 여성	과거에 노출된 수준은 10ppm에서 200ppm까지 다양	남성에게 위험률이 증가하지 않았지만, 여성의 생식력은 절반쯤 감소	Plenge-Bonig A e t al.(1999)(51)
55명의 기혼여성	평균 88ppm(범위, 50-150ppm)	자연유산이 대조그룹(4.5%)에 비교하여 톨루엔에 노출된 그룹(12.5%)에게서 높게 발견	Ng TP; Foo SC et al. (1992)(55)
300명의 기형아	2년	톨루엔에 의해 영향 받은 노출과 방향족 용매에서의 직업적 노출의 내력이 있는 여성들에게서 선천성기형의 위험률은 증가; 기형은 주로 위장과 신장-소변에서의 기형	McDonald JC et al. (1987)(57)

▶ 수은

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
2명의 남자와 2명의 여자(40-88)	노출이후 11에서18일간 1층에서는 912 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 지하층에서는 786 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	메스꺼움, 설사, 숨가쁨, 비 특이성 가슴고통, 그리고 진행성의 호흡곤란과 폐 동맥관 폐쇄부전증; 수은증기에 노출된 후 11-24일 이내에 모든 환자들이 사망 4명의 환자들 중 3명의 소변수은수준은 94-423 $\mu\text{g}/\text{L}$ 4명의 환자들 중 2명의 혈청수은수준은 127-161 $\mu\text{g}/\text{L}$	Morbidity and Mortality Weekly Report 40(23):393 - 395 (June 14, 1991).
		폐렴, 정서불안정과 성급함, 말초신경장애, 치은염, 구강병, 신경과민, 시각과 색각변화, 청각상실, 그리고 신경장애를 나타낸다. 이 영향들은 아릴화합물을 포함하여 금속수은, 무기수은화합물, 그리고 유기수은화합물에 노출된 사람에게 관찰됨	Bidstrup, P.L.(1980)(8)
		수은에 노출된 모든 사람에게 호흡곤란, 폐렴, 그리고 떨림이 나타남	Seaton, A. et al.(1978)(12) Lien, D.C. et al.(1983)(13)

			Lilis, R. et al.(1985)(14) Levin, M. et al.(1988)(15)
18개월의 남자아이	한 달간 노출 카펫에서 300 µg/m ³ 방안 어린이 침대에서 10 µg/m ³	말단동통증(핑크병; 고통, 팽창, 그리고 손가락과 발가락 그리고 때때로, 볼과 코끝의 핑크착색을 특징으로 하는 수은독성) 소변수은수준은 350 nmol Hg/L(거의 700µg Hg/L)	Curtis, H.A. et al. (1987)(20)
여자아이	2달간 노출	말단동통증; 소변수은수준은 214µg Hg/L	Foulds, D.M. et al. (1987)(21)
수은중독인 작업자의 아들		말단동통증; 소변수은수준은 182µg/g 크레아틴	Wide, C. (1986)(23)
40명의 생화학기술자	5년이하 작업자42% 10µg Hg/m ³ 이하 작업자 80% 40µg Hg/m ³ 이하	평균 혈장 갈락토시다아제와 카탈라아제활성은 상당히 증가하였고 적혈구 콜린에스테라아제는 대조군의 수치와 비교하여 감소	Lauwerys, R.P. et al. (1973)(34)
클로랄칼리공정 작업자	0.06-0.3 mg/m ³	β-galactosidase, β-glucuronidase,	Foa, L. et al. (1976)(35)

		N-acetyl- β -glucosaminidase (NAG), and β -glucosidase의 혈청수준 높음; 사구단백뇨 15명	
63명의 클로랄칼리작업자		사구체 기능장애 증가, 혈액 속과 소변 중 β -Galactosidase 증가, 혈청과 소변 속 β 2u-globulin의 증가	Buchet, J.P. et al.(1980)(39)
형광튜브생산 공장21명의 작업자		손가락 떨림 소변수은수준 20 μ mol Hg/mol 크레아틴(거의 36 μ g/L)	Verberk, M.M. et al.(1986)(40)
12명의 작업자	노출기간범위(3개월-8년)	상당히 뒤떨어진 시각추적, 많은 떨림, 그리고 단기기억능력들의 감소; 소변수은수준: 5명-200 μ g/L 초과, 5명-100-200 μ g/L 1명-103 μ g/L이하 1명-100 μ g/L이하	Williamson, A.M. et al.(1982)(41)
18명의 클로랄칼리작업자		평균소변수은수준: 290 μ g/L 5명-비정상적인 신경행동속도 3명-장기적인 말단감각장애성 1명-장기적인운동과 말단감각장애성	Levine, S.P. et al.(1982)(44)
화학공장의 35명 작업자		β -glucosaminidase배출량 증가	Meyer, B.R. et al.(1984)(49)
		CNS와 신장의 영향;	Roels, H. et al.(1985)(53)

270명 남성과 106명 여성		CNS영향(기억곤란, 우울한 감정, 피로, 그리고 과민성) 남성 작업자에게서 손 떨림 스펙트럼에서 변화 소변 중 β -galactosidase활성과 렌티날 결합단백질의 배출증가	
247명의 작업자	노출범위:20년-35년	잠재적인 신경계이상, 신경학적 이상, 다발성신경장애	Albers, J.W. et al.(1982)(54)
온도계제조 시설의 84명의 여성	9.3-75.6 μ g Hg/m ³	정지 시 떨림과 발끝걸음걸이의 어려움, 숙면어려움, 취맛, 높은 NAG와 β 2u-globulin	Ehrenberg, R.L. et al.(1991)(59)
폴란드치과에서의 여성		월경이상과 불임	Sikorski, R. et al.(1987)(65)
6명의 남성	최대노출 44.3 mg/m ³	성급함, 떨림, 피로 같은 만성수은독성의 증상, 비가역적인 성기능 손상	McFarland, R.B. et al.(1978)(66)

▶ 휘발성콜타르피치

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
연료작업자들		사례 보고서의 많은 수는 콜타르와 콜타르피치에 노출된 작업자들에서 피부암(음낭암 포함)발견	IARC Monographs, 35,83-159, 1985(1)
용광로와 유지보수 작업자들		폐와 방광암 발생	IARC Monographs, 34,37-64, 1984(2)
지붕을 수리하는 사람들(미국)		구강암, 후두암, 식도암, 위암, 피부암, 방광암 그리고 백혈병의 발생증가	
인쇄출판공장의 기계수리기술자와 용접공 타르를 증류하는 사람들과 연료 작업자들		백혈병, 폐암 그리고 소화장기의 암발생	Kjuus, H. et al. (1986)(3)
		방광암, 신우암 발생	

▶ 일산화탄소

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	CO-Hb %	건강상 영향	참고문헌
4명의 건강한 남성(16-25)	10-15분	≤20	4-5% CO-Hb로부터 높은 CO-Hb수준에서 시각장애의 심각성 증가	Halperin, M. H. et al. (1959)(28)
체력이 좋은 남성(16-25)		5-20	5% CO-Hb 시각한계점변화	McFarland, R. A. et al. (1944)(29)
3명의 어린남성		0, 10, 20	10과 20%CO-Hb: 야간운전능력감소	Ray, A. M. et al. (1967)(30)
10명의 시험대상(남,여)	0.5-100-150 /110분		연속적으로 증가된 CO용량으로 청각상태시험에서 손상수준, 심지어 0.5ml/m3에서 손상된 각성	Groll-Knapp, E., H. et al. (1972)(31)
18명의 학생, 비흡연자	0, 50, 100, 175, 200			Beard, R. R., G. A. et al. (1967)(32)
9명의 남성(19-22)	0(3시간), 50(3시간) 125(3시간)	0.96	다양한 정신검사의 결과들에서 아무 영향없음	Mikulka, P., R. et al. (1969)(33)
비흡연자들		2.98 6.64		
5 3	200 250	10.35 12.37	다양한 정신검사의 결과들에서 아무 영향없음 한사람에게 약간의 두통	Beard, et al. (1970)(34)
7 4	50(64분) 0, 50, 150, 250(1시간)		손상된 시간판단능력 50ml/m3로부터 손상된 시각; 폐포의CO에서감소된 것보다 빠르게 회복	Stewart, R. D. et al. (1970)(36)

건강한 성인인 27명의 남성과 여성	< 2, 50, 100, 200, 500 /≤5시간	≤20	시간간격 구별과 판단능력의 손상을 보이지 않음(Beard-Wertheim, Marquette)	Stewart, R. D. et al. (1973)(35)
18명의 건강한남성(24-42), 비흡연자	< 1, 25, 50, 100, 200, 500, 1000 /0.5-24	≤30	8시간동안 100ml/m3로 휴식때 CO-Hb11-13%: 시험결과에서 아무런 증상과 영향을 보이지 않음; CO-Hb가 15-20%일 때: 두통, 시각반응 변화, 육체조직손상	Stewart, R. D. et al. (1970)(36)
18명의 건강한 남성(24-42), 비흡연	< 1, 25, 50, 100, 200, 1000 /≤8시간		1-100ml/m3(11-13% CO-Hb): 증상을 보이지않으며, 생리지수 또는 혈액상태에서 변화없음 200ml/m3(24.8% CO-Hb): 두통, 정상혈액수치등, 하지만 시각반응에서 변화를 유발 500ml/m3(22-24.5% CO-Hb): 200ml/m3에서보다 심각한 변화와 증상 1000ml/m3(31.8% CO-Hb): 심각한 두통, 임상적 화학 또는 ECG변화가 없음, 시각측정 손상이 없지만 눈에 띄는 시각반응변화 유발	Stewart, R. D. et al. (1969)(37)
50명의 남성과 여성(17-66)	인공호흡기에서 80ml 100% /45분	5.6-7.0	3.4%에서 6.3%까지 CO-Hb의 증가에서 다양한 실험적 정신운동시험에서 보이는 운동능력에서의 약간감소	Wright, G., P. et al. (1973)(38)
10명의 성인(21-32)	26(평균)/ 111(최고) /2시간	6.6	111ml/m3(6.6% CO-Hb)에서 시각활동장애, 심장박동수 또는 분당 호흡기량 변화 없음	Horvath, S. M. et al. (1971)(39)

448 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

12명 비 흡연자, 남과여	50 / 5시간		90분뒤 지연반응과 청각활동시험에서 문제, 정신장애는 없음	Fodor, G. G. et al. (1971)(40)
5명의 어린남성, 비 흡연자	0-100 / 4시간		시각시험결과에서 아무런 영향 없음	Hanks, T. B. et al. (1970)(41)
42명의 시험자 (27명 남, 15명 여)	100 / 3시간	7	다양한 심리시험에서 인지능력과 지능의 약간의 장애	Bender, W. et al. (1972)(42)
60명의 작업자	≤100 / 8시간	7	3%의 CO-Hb로 컨트롤그룹과 비교했을 때, 신경쇠약증후군빈도증가(63%와 40%)와 두통의 증가, 일반적으로 허약해짐, 그리고 EEG에서 α-rhythm으로 낮은 전압곡선	Grudzinska, B. et al. (1963)(43)
49명의 건강한 남성(25-55)	100 / 300	≤20.4	측정한 생리지수와 CO-Hb사이의 연관성이 보이지 않음; 일련의 심리시험의 결과는 상당히 일치; 5%의 CO-Hb에서 첫 번째로 영향이 나타남	Schulte, J. H. et al. (1963)(44)
28명의 건강한 사람(20-50)	700	6-11-17	6% CO-Hb는 운전능력에 영향을 끼치지않음; 11%와 17% CO-Hb는 심각한 장애의 원인이 되지 않지만 몇몇의 통계적으로 상당한 영향이 있음	McFarland, R. A. et al. (1973)(45)
언급되지 않은 3명	200 /4시간	24.8	정상범위의 임상적화학적 한도에서 약간의 두통; 유발된 시각반응 변화	Stewart, R. D. et al. (1969)(37)

-	500(2시간), 1000(2시간)	22-25.4 31.8	위의 영향들이 증가 심각한 두통, ECG또는 임상적화학적 한도에서 변화 없음; 시간측정의 손상 없음	Stewart, R. D. et al. (1969)(37)
6명의 건강한 남성(31-46), 비 흡연	1000-35600 /10분45초	-	9.1% 또는 11.6% CO-Hb에서 급격한 증가는 즉각적인 두통의 원인이 됨;	Stewart, R. D. et al. (1973)(46)
8명의 건강한 남성	-	≤30 45	모의 실험으로부터 정상적인 결과 모의 실험으로부터 심한 영향을 받음; 신경쇠약	Forbes, W. H. et al. (1937)(47)
협심증을 가진 10명의 환자(40-56)	90분	5.08	협심증 증상이 발발되기 전에 활동시간 감소; 수축기혈압, 맥박수와 호흡감소	Aronow, W. S. et al. (1972)(48)
협심증을 가진 10명의 성인남성	50, 100 5일동안 하루당 4시간	2.9 4.5	두 농도에서 고통이 발발되기 전에 트레드밀 운동 가능기간 감소;100ml/m3에서 고통지속 증가	Anderson, E. W. et al. (1973)(49)
협심증을 가진 10명의 환자(40-55)	50, 하루 2시간 2일	2.68	협심증 증상이 발발되기 전 운동량 감소 수축기혈압과 맥박수 감소	Aronow, W. S. et al. (1973)(50)
간혈성 파행을 가진 10명의 남성(33-58)	50 2시간	2.27	파행이 생기기전에 운동시간의 상당한 감소	Aronow, W. S. et al. (1974)(51)
언급되지 않은 9명		0-14	승모판 협착증, 관상 동맥성심장 또는 기종을 가진 환자에서 3% CO-Hb로부터 심근물질대사 감소	Brody, J. S. et al. (1969)(52)

450 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

12명의 남성(21-36) 임상적으로 정상인 남성(41-60)	100 4시간	6.4	운동이 있든 없든, 운동하는 동안 7명에게 검출가능한 병적인 변화는 없고, CO노출 이후 심근 허혈증의 증상이 더 심각해짐	Anderson, E. W. et al. (1971)(53)
언급되지 않은 5명	4000 0.5-2분		CO-Hb가 5-10%일 때 정맥혈과 동맥에서 산소분압감소	Ayres, S. M. et al. (1965)(54)
10명의 비 흡연자	5000 2.5-3.5분	3.95±1.87	3.95±1.8% CO-Hb에서 9명의 흡연자와 비교했을 때, 호흡량 상당한변화	Chevalier, R. B. et al. (1966)(55)
언급되지 않은 26명	50000 0.5-2분		관상동맥성 심장 또는 기종이 있는 사람에게 5% CO-Hb로부터 호흡과 혈액변화	Ayres, S. M. et al. (1969)(56)
언급되지 않은 970명	몇 년	≤10	432명의 컨트롤그룹과 비교했을 때 만성 CO중독 또는 질병의 증상의 발병률 증가를 보이지 않음	Lindgren, S. A. et al. (1961)(57)
경찰과 운전자	- 일하는 날	7.3-9.3	노출되지 않은 컨트롤군보다 CO-Hb수준이 높음	Bruin, A. de (1967)(58)
331명의 교통경찰	10-12 /하루 5시간		작업을 시작할 때 3-8% CO-Hb수준이 노출 이후에 약간 변화; 20ml/m3 CO는 CO-Hb+1.6%, 10ml/m3 CO는 CO-Hb+0.7%	Chovin, P. (1967)(59)
20명의 세관사	13.8/8시간(8.00-16.00)		배출된 CO로부터 계산된 CO-Hb:	

	65.6/8시간(16.00-24.00) 114.4/8시간(24.00-8.00)		모든 3시트에서의 평균: 비 흡연자에게 1.5%에서 3.6%까지의 CO-Hb증가 흡연자에게 4.8%에서 6.4%까지의 CO-Hb증가 나머지 2시트에서의 평균: 비 흡연자에게 1.4%에서 4.0%까지의 CO-Hb증가 흡연자에게 3.8%에서 7.6%까지의 CO-Hb증가	Cohen, S. I. et al. (1971)(60)
경찰 2명	평균 17 최고치 120 /8시간		흡연자 3.1-3.9% CO-Hb, 비흡연자 0.8-1.2% CO-Hb	Clayton, G. D. et al. (1960)(61)
68명의 검차원	10-150/하루 8시간	3.74	Hb수준이 흡연자 컨트롤 그룹보다 상당히 증가 (2.67 CO-Hb)	Hofreuter, D. H. et al. (1962)(62)
38명의 차고 작업자	59/하루 8시간		컨트롤군보다 CO-Hb와 Hb가 상당히 증가	Ramsey, J. M. et al. (1967)(63)
터널에서 교통경찰관	70, 최대 200 / 하루 2시간	0.5-13.1%	증상이 없고, Hb수준과 요중 단백질, 당수치 정상	Sievers, R. R, T. I. et al.(1942)(64) Sievers, R. F. et al. (1942)(65)

▶ 베릴륨 및 그 화합물

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
16명의 작업자	-/-	16명 중 8명에게 피부 과민성이 나타남	Curtis GH, 1951(6)
-	-/-	베릴륨만성 질환 124 명 중 11 %는 CBD의 발병 이전에 하나 또는 두 가지의 베릴륨급성 질환이 있었다.	Freiman and Hardy, 1970(10)
베릴륨 정밀 가공공장의 작업자	노출 LTW- 0.2μg Be/m ³ 이상	조사한 작업자 235명 중 22명에게 비정상적 BeLPT수치가 확인되었고, 22명 중 13명은 CBD로 진단되고 2명은 CBD일 가능성을 가졌으며, 4명은 BeS로 진단됨(3개월 이내에 공장에 고용된 사람)	Kelleher et al., 2001(1)
베릴륨 세라믹 공장의 8명 직원	0.8μg Be/m ³ 이하 기계공정 작업자들은 2μg/m ³ 이하	8명 중 6명은 CBD로 진단(전체 발생률의 4.4%); 기계공정 작업자들의 BeS는 14.3% 발생률을 가짐	Kreiss et al., 1996(16)
구리베릴륨합금유통센터 작업자 1명	중앙값은 0.03μg Be/m ³ 산술평균은 0.05μg Be/m ³ 97%샘플들은 0.2μg Be/m ³ 이하	주괴를 재포장하는 동안 피부접촉으로 인하여 BeS와 CBD증상을 보임	Stanton et al., 2006(3)
베릴륨합금 정제&고정 회사 작업자 5명	1960년대 중-1980년대 초 용광로: 0.50 ± 0.44 μg/m ³ 금속파괴: 2.7 ± 7.2 μg/m ³	4명은 용광로 근처에서 작업 1명은 금속파괴/분리 작업; CBD증상	Cullen et al., 1987 (24)
베릴륨공정의 9225명 남성 (7개의 공장)	-/-	기도, 기관지 그리고 폐암의 상당한 증가(표준사망률[SMR]: 1.26; 95%신뢰구간[CI]: 1.12-1.42)	Ward et al., 1992(32)

▶ 니켈카보닐

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
46세의 남성		소변 중 니켈수준은 172 μ g/dL 초기증상은 약간의 어지러움, 두통, 가쁜 숨, 흉부고통 그리고 기력부족	Kurta et al. (1993)(5)
니켈공장 근처 쓰레기처리공장 작업자 7명		고열, 오한, 흉골 늑막염 흉통 그리고 운동성 호흡곤란, 백혈구증가와 흉부방사선침투의 확산(3명 사망, 4명생존)	Seet et al. (2005)(6)
64명의 남성 / 48명의 여성	0.007-0.52 mg/m ³	최대호기유량비율, 최대호기중간유량(MMF), 강제폐활량(FVC)감소-폐기능악화	Shi (1994)(7)
남쪽Wales, Clydach 니켈정련소 작업자		비부비동과 폐암의 높은 발생률	Amor, (1939)(9) Doll, (1958)(10) Morgan, (1958)(1) Chief Inspector of Factories, (1952)(10)

▶ 아크릴로니트릴

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
-	장기적인 피부접촉/-	황달, 빈혈 그리고 불확실한 일반적인 증상들과 메스꺼움, 구토, 두통과 어지러움이 발생, 수포형성을 일으키고 몇 시간동안의 노출이후는 불타는 듯한 감각과 홍반발생	Brieger et al. 1952(17), Zeller et al. 1969(18)
작업자	10년이상/-	말초혈액의 백혈구에서 산성인산효소, 미엘로퍼록시다아제, 숙신산탈수소효소의 활성이 감소,글리코겐량은 증가	Grigoreva 1990(19)
아크릴아미드 생산 작업자 41명	-/아크릴로니트릴-헤모글로빈 부가물수준은 0.02~66nmol/g 헤모글로빈	-	Bergmark et al. 1993(20)
-	피부노출/-	노출 후 5분 뒤에 피부에서 타는 듯한 감각이 느껴졌고 하루 뒤에는 수포형성이 일어남	WHO 1983(21)
아크릴로니트릴 생산 작업자 5명 8명의 대조군	피부 첩포시험 수행	0.1%의 아크릴로니트릴이 용해된(99.5%는 순수) 첩포시험에서 모든 환자들은 3+의 심각성으로 반응하였다. 8명의 대조군은 피부에서 어떠한 반응도 보이지 않았음	Bakker et al. 1991(23)
섬유소공장의 중합공정 작업자 470명	5년/-	아크릴로니트릴에 잠재적 노출이 있던 작업자들 사이에서 폐와 결장암에서의 증가된 위험률, 16명의 암환자(사망자와 생존자 포함)를 발견	

▶ 스티렌

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
스티렌 노출 작업자	1-40ppm	말초임파구계획에 없던 DNA합성[UDS]의 증가	Pero, R.W.; (1982).(20)
6명의 작업자	12-74ppm	말초임파구에서 염색체이상의 빈도증가	Hogstedt, B.; et al. (1983)(21)
36명의 작업자	2.8-154ppm	말초임파구에서 염색체이상의 빈도증가	Andersson, H.C.; et al. (1980)(22)
15명의 작업자	27ppm	말초임파구에서 염색체이상의 빈도증가	Nordenson, I.; Beckman, L. (1984)(23)
플라스틱 제조공장 6명 작업자		말초임파구에서 염색체이상의 빈도증가	Maki-Paakkanen, J.; et al. (1991)(24)
18명의 작업자	50ppm이하	말초임파구에서 염색체이상의 빈도증가	Hansteen, I.L.; et al. (1984)(25)
강화 플라스틱 제조공장 26명 작업자	1-140ppm	염색체이상유발, 비정상적 임파구	Meretoja, T. (1977) Meretoja, T. (1978)(27)
스티렌/비스코스 레이온 산업, 9000명의 여성작업자		자발적 낙태가 지역의 전체 비율과 비교하여 2배로 나타남	Hemminki, K (1980)(31)
		작업자들 사이에서 색각구별에서의 통계적으로 상당한 감소	Gobba, F et al. (1991)(51) Gobba, F et al. (1993)(52)

			Eguchi, T.et al. (1995).(53) Campagna, D.et al (1995).(54)
34명의 남성 41명의 여성	8시간 TWA 스티렌농도: 16ppm	파랑-노랑 범위에 영향을 주는 색각 예리함에 상당한 감소	Gobba, F et al. (1991)(51)
60명의 남성 조선업자(평균나이29)	평균 작업장 주변 농도 24ppm	빨강-초록 또는 파랑-노랑 결함증가($p<0.05$)로 발달, 높은 요 중 만델산과 페닐글리옥시산을 배출	Fallas, C et al. (1992)(48)
9명의 사람	7시간동안 50, 100, 216, 376ppm에 노출	1시간동안 50ppm: 자각증상 또는 비정상적인 결과 보이지 않음. 100ppm: 일시적인 자각반응 376ppm: 불쾌, 자각증상과 신경장애가 나타남	Stewart, R.D.; (1968)(1)
폴리에스테르 수지에서 스티렌에 노출된 9명의 작업자		감마 글로불린에서의 약간의 증가, 9명의 작업자 중 한명은 감지할 수 있는 간과 몇몇의 약간의 종양	Zielhuis, R.L. (1961).(59)

▶ 메틸알코올

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
-	-/-	한정된 공간에서 작업으로 기인한 몇몇 사례가 있다. 예를 들면 맥주통 니스 칠하기	McNally, 1937(5)
1명의 여성근로자	12시간 /4,000-13,000ppm	흡입으로 인한 직업적 메탄올 중독	Browning, 1965(6)
1명의 근로자	4년 /1,200-8,000ppm	시력이 현저히 감소했다. 그 밖의 주변의 근로자는 영향을 받지 않음	Henson, 1960
다수의 근로자	-/300ppm	메탄올에 노출된 근로자들에게서 나타난 두통	Henson, 1960(7)
스피릿 복사 근로자	-/400-10,000ppm	증상이나 통증에 대한 아무런 보고가 없었으나 이런 농도는 과도한 노출로 여겨짐	McAllister, 1954(8)
다수의 근로자	-/200-375 ppm	심각한, 재발되는 두통	Kingsley and Hirsch (1955)(9)
45 %의 스피릿 복사기계 작동자들	20분/1330 mg/m ³	메탄올 독성과 일치하는 몽롱한 시야, 두통, 떨림, 어지럼증, 시각장애를 경험	NIOSH ,1990(13)

▶ 망간 및 그 무기화합물

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
광산과 산업현장의 근로자	-/평균 망간농도 210 mg/m ³	망간과 그 화합물의 고농도의 먼지와 흙을 흡입한 근로자에게서 폐렴에 대해 높은 유병률이 관찰됨	Lloyd Davies, 1946(13)
총 34명의 광석 근로자	-/망간의 최고 수치가 170mg/m ³ 이고 평균농도가 47mg/m ³	11/34(32 %)의 광석 근로자가 망간중독증, 30 mg/m ³ 보다 낮은 농도에 노출된 근로자들에게는 아무 증상이 없음	Flinn, 1940(12)
유고슬라비아의 공장 근로자	-/7 - 63 mg/m ³	망간중독증 사례 보고	Kesic and Hausler, 1954(15)
광부	-/ 5 mg/m ³	광부들의 만성적인 망간중독 중 공기샘플의 1/3만이 5 mg/m ³ 이상	Schuler, 1957(16)
75개 펜실베이니아 공장의 144명의 근로자	-/5 mg/m ³	망간흡과 분진의 농도가 5 mg/m ³ 를 초과한 144명의 근로자 중 망간중독증의 7건의 확실한 사례와 15건의 모호한 사례를 보고했다. 7건의 확실한 사례 중 4건은 망간 분진에 노출되었고 3건은 망간 흙에 노출	Tanaka and Lieben, 1969(17)
펜실베이니아 철 공장 근로자 71명	-/평균 노출은 13.3 mg/m ³	5건의 망간중독증, 5건중 3건은 망간철 흙으로 인한 노출이다. 3건 중 2건은 모래성형공정 투입구에서 5년간 흙에 노출, 나머지 1건은 투입공정, 나머지 2건은 망간 철 중쇄작업과 스크리닝 작업	Smyth, 1973(18)
141명의 남성근로자들 대조군은 망간에 노출되지 않은 104명의 근로자들	근무기간은 1-19년이고, 평균 7.1년/망간 먼지의 TWA농도(개인시료)의 범위는 0.07에서 8.61 mg Mn/m ³	망간 노출군에서 유의미하게 추운 날씨에 기침의 높은 이환율, 운동 중 호흡장애, 급성기관지염을 발견, 이러한 증상의 발생규모와 이환율은 혈중, 소변의 망간농도, 노출의 기간과는 연관성이 없음간에 노출된 근로자들에 수행된 정신운동에 대한 테스트는 더 긴 평균반응시간, 음성-언어적	Roels, 1987a, b (19)(20)

		단기기억 테스트에서 훨씬 낮은 수행력, 대조군과 유의미한 차이를 보이는 눈과 손의 조화성, 손 안정화 매개변수를 보여줌	
알칼라인 건전지 공장의 102명의 남성근로자 대조군은 104명	노출기간은 02-17.7년, 평균 5.3년/망간 농도의 중앙값은 0.71 mg Mn/m3(총 에어로졸) 18 mg Mn/m3(호흡성 입자)	혈중, 소변의 망간 농도는 망간에 노출된 그룹이 대조군에 비해 유의미하게 높음, 대조군과 망간 노출군 사이 호흡기 증상의 이환율에 대해 통계적인 차이를 보이지 않음, 망간 노출군이 수행한 몇 가지 신경행동학적 테스트가 대조군이 수행한 것보다 뒤떨어짐	Roels and Lauwerys,1992 (21)
알칼라인 건전지 공장의 102명의 남성근로자 대조군은 104명	8년/1987년 0.80 mg Mn/m3에서 1995년 0.25 mg Mn/m3	대부분 노출된 부분군(중간군과 높은군)은 시간이 지남에 따라 망간노출이 감소하자 장애가 부분적으로 가역적,전 임상적인 EHC 수행장애가(망간 중독증의 중요한 전조증상) 초기에 관찰되고 낮은 직업적 망간 노출에서만 관찰되는 눈과 손의 조화는 망간 노출이 감쇄되는 경우에만 실질적으로 개선	Roels, 1999(22)
2개의 주조공장에서 총 30명	1-35년, 평균 9.9년/0.02 - 1.40mg Mn/m3	단순반응시간, 반응시간의 표준편차, 주된 손의 수지력 검사에 대한 중요함 차이점이 망간 노출군과 대조군간에서 발견	Iregren, 1990(23)
2개의 주조공장에서 총 30명	1-35년, 평균 9.9년/0.02 - 1.40mg Mn/m3	자기 기입식 설문지에서 발견되는 건강문제의 비율이 높았으며, 비정상적인 뇌파, 느린 뇌간청각 유발전위 잠복기, 느린 길항반복이 노출된 근로자에서 발견	Wennber, 1991, 1992(24)(25)
실리코망간 산업에서 근무하는 74명의 근로자	-/호흡성 에어로졸은 0.225 mg Mn/m3, 총 분진의 범위는 0.014 - 11.48mg Mn/m3	질문지에 있는 안 좋은 증상에 대한 비 일치쌍이 46개 항목 중 33개에서 통계적으로 유의, 망간 합금 근로자들은 대조군과 인지유연성과 정서 상태, 후각 인지의 차이가 뚜렷	Mergler and colleagues, 1994(26)
실리코망간 산업에서 근무하는 58명의 근로자	-/-	신경운동기능과(루리아 동작척도), 일정기분(화, 적개심, 혼란스러움, 어리둥절함)과 관련 있었으며, 노출군과 대조군 사이의 인지 테스트 차이가 시간이 지날수록 증가,망간 노출이 신경행동학적, 신경 정신병학적 범위와 관련 있고, 망간의 직업적 노출이 중단된 후에도 오랜 기간 지속	Bouchard et al., 2007a, b(27)(28)

합금철 공장에서 근무하는 61명의 공장 근로자와 근처 병원에 있는 87명의 대조군	-/용광로실은 1981년 1.60 mg Mn/m ³ 에서 1987년 0.24 mg/m ³ 으로 떨어짐. 주조실은 0.15에서 0.26 mg Mn/m ³ 으로 평균적으로 증가, 용접작업은 평균적으로 0.17에서 0.055 mg Mn/m ³ 으로 감소	합금 노동자에서 신뢰할 수준의 과민성, 어지럼증, 강직성에 대한 높은 증상 비율이 관찰	Lucchini, 1999(29)
북 미시시피 금속공장의 75명의 미국 근로자 대조군: 망간 노출이 없는 75명의 근로자	-/노출 평균은 0.066 mg Mn/m ³	눈과 손의 조화, 복잡반응시간, 수지력 실험에서 나이가 증가함에 따라 수행능력이 감소했다. 망간 노출로 인한 우울증, 불안, 피로, 수면장애, 집중력, 기억력, 기분변화, 조병, 떨림, 불균형에 대한 분명한 증상이 없음	Gibbs, 1999 (30)
남부 아프리카의 망간 제련공장 근로자 589명 대조군은 전기어셈블리 공장의 망간에 노출되지않은 67명의 근로자	-/0.82±1.04 mg/m ³	제련근로자와 대조군사이에 (Santa Ana)운동수행, 벤톤의 시각기억검사, 숫자 외우기와 숫자부호의 테스트에서 유의한 차이가 존재, 주된 손과 주되지 않은 손의 수지력 검사는 제련 노동자와 노출되지 않은 대조군 사이에 차이	Myers.2003a, b(31)(32)
100명의 망간 합금 공장 근로자와 대조군 100명	-/호흡성 입자 0.301 mg Mn/m ³ , 흡입성 입자0.036 mg Mn/m ³	증가하는 수전증에 관해 망간 노출군은 대조군에 비해 유의한 차이를 보임. 이 연구는 수전증에 대한 망간 관련 효과가 기하평균 노출 0.036 mg Mn/m ³ (호흡성 입자 분율)에서 이뤄진다고 밝힘	Bast-Pettersen, 2004(33)

60명의 철강 근로자	-/-	공기 중 납 노출도 존재해서 신경행동학적 테스트에서 망간노출로 인한 변화에 관한 평가가 매우 어려웠다. 그럼에도 불구하고 양 팔뚝의 회내-회외의 점진적 감소가 철강 근로자에게는 관찰되었으나 대조군에서는 관찰되지 않았고 이는 철강 노동자에서 망간의 효과와 일치	Blond et al., 2007; Blond and Netterstrom, 2007) (34)(35)
43명의 다리 용접공	-/0.01 - 0.38 mg Mn/m3(충분진)	용범위에서 망간의 CEI와 혈중망간 농도에 신경 심리적 테스트가 연관이 있다는 중요한 노출반응곡선이 나타났다. 이 연구는 용접공들이 실제로 망간과 관련된 부작용을 겪는다는 것을 보여주나 이 그룹의 노출농도는 너무 높아 용접공을 보호할 수 있는 노출한계 설정이 힘들	Bowler, 2006 (37)
96명의 러시아 용접공, 96명의 연령 매칭된 대조군	평균 13.5년/0.12 mg Mn/m3(	가장 많이 노출된 그룹에서 수지력 검사와 숫자부호테스트 수행의 감소가 관찰	Ellingsen,2008(38)
도제 용접공 근로자	-/-	망간 노출 증가에 따라 반응시간의 증가와 글쓰기 테스트의 퇴보를 보여줌	Laohaudomchok,2011 (39)
7명의 용접공과 7명의 대조군	24.1±15.5년/0.88±0.57 (SD) mg Mn/m3-year	대조군에 비해 용접공은 후각신경구, 전두백질, 담창구, 피각에 축적, 운동수행능력이 주된손, 주되지 않은 손 모두 용접공에서 대조군에 비해 안 좋음	SEN, 2011(40)
선광의 85명의 망간염 제조 근로자	-/0.07 - 8.61 mg Mn/m3(충분진)	질문지를 이용해 남성 근로자의 불임을 조사, 노출군의 16-25, 26-35 연령 그룹 자녀출생은 기대보다 낮음. 연구는1mg Mn/m3이 남성의 생식독성을 일으키는데 충분, 망간의 노출된 자녀 출생 수에 큰 감소를 시킨다고 결론을 내림	Lauwerys et al., 1985(41)

▶ 아닐린과 아닐린 동족체

실험 인구 수	실험농도	실험결과	실험기간	참고문헌
아래쪽 다리에 피부염이 있는 113명의 환자	5% (바셀린)	113명중 10명이 양성 (8.9%)	테스트 기간:1970-1973 306명의 환자 중 113명이 아닐린 테스트를 함	Angelini et al. 1975(11)
접촉성 피부염이 있는 139명의 환자	25% (양모유 연고)	139명중 0명이 양성	테스트 기간: 명시되지 않음	Bonnevie 1939(12)
500명의 환자	10% (아몬드 오일)	4.9%가 양성	테스트 기간: 명시되지 않음. 모든 환자들이 아닐린 테스트를 함	Calas et al .1978(13)
손에 습진이 있는 206명의 환자; 아래쪽 다리에 습진이 있는 205명의 환자	명시되지 않음	206명중 4명이 양성(1.9%) 205명 중 6명이 양성(2.9%)	테스트 기간:1969-1975	Eberhartinger 1984 (14)
다리에 궤양이 있는 200명의 환자	5% (바셀린)	200명중 8명이 양성 (4%)	테스트 기간: 명시되지 않음	Ebner and Lindemayr, 1977(15)
111명의 환자	1% (명시되지 않음)	111명중 0명이 양성	테스트 기간:1977-1983 인쇄업자에 대한 규격으로 실험을 진행함	Enders 1986(16)
148명의 환자	1% (명시되지 않음)	148명중 0명이 양성	테스트 기간:1977-1983 가죽업자에 대한 규격으로 실험을 진행함	Enders 1986(16)

191명의 환자	1% (명시되지 않음)	191명중 1명이 양성(0.5%)	테스트 기간:1977-1983 페인트업자들에게 대한 규격으로 실험을 진행함	
1119명의 환자	1% (바셀린이나 양모유 연고)	-	테스트 기간:1992-6/2005 어떤 환자들은 높은 농도나 다른 수단으로도 실험이 진행됐으나 모든 반응은 바셀린이나 양모유 연고의 1%아닐린으로 실험함	IVDK 2005(17)
1000명의 환자	5% (올리브 오일)	1.9%가 양성	테스트 기간: 명시되지 않음	Malten 1969(18)
다리에 궤양이 있는 100명의 환자	0.5% (올리브 오일)	100명중 10명이 양성(10%)	테스트 기간: 명시되지 않음	Malten et al. 1973(19)
196명의 도색작업자와 페인터	명시되지 않음	196명중 15명이 양성(7.7%)	테스트 기간:1960-1962	Meneghini et al. 1963(20)
129명의 화학자		129명중 10명이 양성(7.8%)	테스트 기간:1960-1962	
합성 수지 공장에서 근무하는 80명의 근로자	명시되지 않음	80명중 3명이양성(3.8%)	테스트 기간:1960-1962	Meneghini et al. 1963(20)
섬유산업에서 근무하는 77명의 근로자		77명중 9명이 양성(11.7%)	테스트 기간:1960-1962	

70명의 목수와 도색작업자		70명중 1명이 양성(1.4%)	테스트 기간:1960-1962	
56명의 헤어디자이너와 미용전문가	명시되지 않음	56명중 5명이 양성(8.9%)	테스트 기간:1960-1962	Meneghini et al. 1963(20)
고무산업에서 근무하는 51명의 근로자		51명중 3명이 양성(5.9%)	테스트 기간:1960-1962	
그래픽 산업에서 근무하는 45명의 근로자	명시되지 않음	45명중 3명이 양성(6.7%)	테스트 기간:1960-1962	Meneghini et al. 1963(20)
가죽 공장에서 근무하는 43명의 근로자		43명중 1명이 양성(2.3%)	테스트 기간:1960-1962	
536명의 환자	2% (파라핀 오일)	536명중 1명이 양성(0.2%)	테스트 기간:1976	Morieatry et al. 1978(21)
70명의 환자	2% (명시되지 않음)	70명중 3명이 양성	테스트 기간:1970	Pambor 1971(22)
아토피 피부염의 93명의 환자	5% (명시되지 않음)	93명중 0명이 양성	테스트 기간: 명시되지 않음	Rudzki and Grzywa 1975(23)
600명의 환자	5% (황색 바셀린)	3.6%가 양성	테스트기간: 9/1967-1/1970	Rudzki and Kleniewska 1970(24)
1057명의 환자	5% (바셀린)	1057명중 32명이 양성(3.0%)	테스트 기간: 명시되지 않음	Rudzki and Kleniewska 1971(25)

3105명의 환자	10% (아몬드 오일)	3105중 269명이 양성(8.7%)	테스트 기간:1956-1965	Scarpa and Ferrea 1966(26)
737명의 환자	5% (양모유 연고)	737명중 62명이 양성(8.4%)	아닐린에 관한 표준 실험을 진행함, 24시간을 적용했을 때 62명이 양성으로 나왔고 48시간 후 추가로 11명의 약한 반응과 점점 약한 반응이 관찰됐고 28명의 의심스러운 반응이 관찰됨	Schultheiss 1959(27)
1000명의 환자	명시되지 않음	3.2%가 양성	테스트 기간 :8/1970-12/1971	Schwarz and Gorrmann Luckerrath 1982(28)
1000명의 환자	명시되지 않음	1.9%가 양성	테스트 기간: 5/1976-1/1979	
1529명의 환자	10% (명시되지 않음)	1529명중 154명이 양성(10.1%)	테스트 기간:1933-4/1935	Zundel 1936(29)

▶ 시클로헥사논

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
실험 지원자	3-5분/50 ppm, 75 ppm, 8시간 7분/70 ppm, 90 ppm	0 ppm에서 노출되었을 때 목에 염증이 발생했고 75 ppm에 3-5분간 노출될 때 눈, 코, 목 모두 염증이 발생하고 하루 8시간 동안 견딜 수 없다고 판단, 7분간 노출 된 실험에서 코의 염증이 70 ppm에서 보고되었고 눈과 목의 염증이 90 ppm에서 보고됨	Nelson et al. 1943(1)
비디오테이프 제조공장 근로자	메틸에틸케톤, 테트라 하이드로퓨란, 사이클로헥사논, 톨루엔이 6:2:2:1의 비로 혼합된 유기용제	시각-운동 통합 능력과 단기 기억의 행동점수의 감소를 보고	Chia et al ,1993(3)
가구 공장 근로자	-/41-92 ppm	눈과 호흡기의 염증, 두통, 기분장애, 기억장애, 골통과 기타 다른 증상들이 보고	Grahm, 2000(4)
실험 지원자	-/50ppm	어떠한 증상도 보고되지 않음	Mraz et al.1998, 1999(5)(6)

▶ 코발트 및 그 화합물

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
27명의 초경합금 공장	2년/-	2명의 폐에 관한 X-ray 변화를 발견	Jobs, Ballhausen, 1940(1)
미국의 텅스텐 카바이드 초경공구 산업	-/-	3건의 진폐증을 보고. 3가지 사례는 “특이한(독특한) 타입의 폐의 반응과 고글로불린 혈증”으로 판단. 연구자는 이 병이 코발트로 인한 것이라 추측	Miller et al. 1953(3)
영국의 255명의 초경합금 노동자	-/0.30 and 0.34mg/m3	6건의 중금속 질병에 대한 사례를 발견, 연구진들은 코발트가 중금속질환의 작용물질이라 추측	Beck et al. 1962(4)
1500명의 텅스텐 카바이드 그라인딩 근로자	1달-28년, 평균12.6/-	2명에게서 미만성 간질성 폐렴이 발생했다고 보고, 12명 중 8명은 죽었고, 그 8명 중 4명의 폐조직 표본은 섬유조직의 소결질 간질성 침윤 반응을 보임	Coates Watson, 1971(5)
3명의 텅스텐 카바이드 근로자	-/-	한 명은 임상적으로 증상이 없고 정상적인 폐의 기능을 가졌다. 또 한명은 아급성의 간질성 폐렴으로 그라인더였고, 마지막 한명은 간질성 섬유증의 초기	Coates Watson, 1973(6)
스웨덴의 초경합금 산업 근로자	-/0.06 mg/m3	폐쇄성 폐질환이 0.06 mg/m3의 평균농도에 노출된 근로자에게서 나타남 0.06 mg/m3의 평균 코발트 농도에 노출된 근로자는 호흡성 과민을 호소했다. 소변과 혈중 코발트 농도와 코발트 노출사이에 양의 상관관계가 존재	1) Alexandersson, (7)(8) 2) Alexandersson, Hedenstierna(9) 3) Alexandersson Atterhog(10)(11)

두 텅스텐 카바이드 Plant A에서 150명, Plant B에서 140명의 근로자를 대상	-/ 0.5 mg/m ³	90명 중 11명은 간질성 침윤, 텅스텐 카바이드 제조 공정의 많은 단계에서 0.5 mg/m ³ 을 초과	Sprince, 1984(13)
미국의 텅스텐 카바이드 산업의 41명의 근로자	-/-	호흡기계 증상에 대한 높은 발생률과(41명 중 34명이 호흡장애), 방사선학적 이상(41명 중 13명), 폐 기능 이상(41명 중 23명)을 보임	Fischbein et al, 1992 (14)
텅스텐 카바이드 근로자 42명	2년/0.14에서 16 mgcobalt/m ³	4명의 근로자가 거세포성 간질성 폐렴을 보였고 상당한 농도의 텅스텐 카바이드가 발견. 연구대상 중 16건이 비정상적인 흉부 X-ray를 보였고 폐 기능 변화를 보임	Auchincloss, 1992(15)
벨기에 다이아몬드 연마공	-/-	생체 검사 중 조직병리학적 검사 샘플을 채취한 5건 중 4건은 Coates와 Watson이 서술한(5) 중금속 흡입으로 인한 것, 노출을 중지 한 후, 보고되어진 증상은 빠르게 진정됐고, 방사선학적 흉부 음영이 퇴행했고, 폐 기능은 정상으로 호전됐다. 일을 재개하자 증상이 되돌아갔고, 상태가 진행	Demedts et al. 1984 (16)
21명의 코발트에 노출된 천식 근로자, 천식 없는 55명의 근로자	-/-	상대 위험도가 통제군에 비해 코발트에 노출된 근로자가 4.1배 높다고 보고했다. 어떤 코발트 근로자는 이산화황에 노출됐다고 언급, 천식의 위험이 0.1 mg/m ³ 이하 농도의 황산 코발트에 노출된 근로자가 5배 높다	Roto, 1980 (17)

▶ 디클로로메탄

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
남성 6, 여성 6 (18-40살 범위)	노출기간: 4시간 대조군: 0 ml/m ³ 에 노출 남성 실험군: 200 ml/m ³ 에 80분씩 3번 노출 여성 실험군: 70 ml/m ³ 에 80분씩 3번 노출	CO-Hb: 대조군: 노출 전 1.6%, 노출 후 1.4% 남성 실험군: 노출 전 1.5%, 노출 후 4.85%; 두 가지 검사(추적 검사 및 시각신호감지 검사): 추적 오류 증가, 반응시간 증가(마지막 2시간 노출 후) 경계력 검사: 반응에 대한 정확성 감소, 반응시간 증가 여성 실험군: 노출 전 1.35%, 노출 후 5.1% 추적 오류 증가, 반응시간 증가, 반응에 대한 정확성 감소, 반응시간 증가	putz et al.1979(24)
6-14명의 남성, 20명의 대조군	노출시간: 4시간 300,500,800ml dichloromethane/m ³ 에 노출	300ml/m ³ 과 그 이상의 농도에서: 플리카 빈도, 집중 수행력, 정신운동 수행력 모두 유의한 변화 있음	winneke 1981(25)
14명의 남성,	870,1740,2600,3470 mg/m ³ 에 노출(246,493,737,983 ml dichloromethane/m ³ 에 노출) 30분씩 4번 노출	덧셈 과제 수행능력, 단순반응속도, 단기 기억과 음향 경고 신호에 대한 유의한 변화 없음 983ml/m ³ : 반응시간 변화에 대한 유의한 증가가 있음(단순반응)	gamberale et al. 1975(26)
46명의 남성 대조군: 12명의 노출되지 않은 남성 추적조사: 46명의 노출된 남성중 29명 조사 대조군: 29명	75-100 ml/m ³ 에 노출(9:1 비율로 디클로로메탄과 메탄올이 혼합된 유기용제), 추적조사가 이뤄진 29명의 남성은 10년간 노출됨. 나머지 17명은 10년보다 노출기간이 적음	12달이 지난 후(질문지를 통해 조사) 노출된 대조군 12명중 1명과 46명중 20명이 신경학적 증상이 나타남(두통, 어지럼증, 균형 상실, 기억 장애, 손발의 저림과 아픔) 추적조사: 심전도 검사, 신경전도검사, 신경학적 증상, 점찍는 검사, 숫자잇기 검사, 시각 검사, 독해력 검사, 기억력 검사에서 노출군과 대조군 사이에 유의한 차이가 없음	cherry et al.1981(27)

470 허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구

56명의 남성 대조군:36명	28-173 ml/m3에 노출	시각통증척도, 숫자기호 대체시험, 단순반응시간 검사: 노출군과 대조군 사이에 유의한 차이가 없음 숫자기호 대체시험의 저하와 신체 상태(졸림, 육체적 피로, 정신적 피로)가 혈중 디클로로메탄 농도와 연관이 있음	cherry et al. 1983(28)
46명의 은퇴한 항공정비사	97-236 ml/m3에 노출 노출기간은 최소한 6년	수지력 검사, 단순반응, 선택반응, 복합선택 반응에서 노출군과 통제군 사이에 유의한 차이가 없음	Lash et al. 1991(29)

▶ 트리클로로메탄

노출 근로자(인구) 수	노출기간 / 노출농도	건강상 영향	참고문헌
노출 근로자	-/80-240 ppm, 20-70 ppm	0-240 ppm에 노출된 근로자들에서 몇 가지 심각한 증상을 보고했고(피로, 소화장애, 정신장애), 20-70 ppm에 노출된 근로자에서 덜 심각한 증상을 보고	Challen, 1958(1)
68명의 근로자	1-4년/10-20 ppm	25 %는 간이 비대해짐	Bomski H, 1967(2)

[부록-3] 소화약제(HCFC-123)의 사회성·경제성 평가

연구배경

- ☐ 2017년 8월 18일 경기도 안성 소재 화재용 소화기 제조 사업장에서 소화약제(HCFC-123)에 의한 급성 독성간염이 발생함
 - 소화약제 충전 업무를 하던 파견 노동자 2명이 소화약제에 의한 급성 독성 간염 발생하였으며, 그 중 한 명(남, 23세)이 동월 25일(금) 오전 사망하였음
- ☐ 현재 소화약제(HCFC-123)는 산업안전보건법, 화학물질관리법, 위험물안전관리법, 폐기물관리법 상의 규제를 전혀 적용받고 있지 않음
 - 다만, 사안의 중대성과 유사 재해발생을 방지하기 위하여 고용노동부에서는 소화약제(HCFC-123)에 대한 관리수준을 변경하려함
- ☐ 이에 소화약제(HCFC-123)의 관리수준변경에 따른 사회성·경제성 평가를 수행하였음

소화약제(HCFC-123) 화학물질 정보

- ☐ 기본특성
 - (물질명) 2,2-디클로로-1,1,1-트리플루오로에탄 (CAS No. 306-83-2)
 - (구조식) $C_2HCl_2F_3$

- (주요용도) 소화제, 냉매제 / (성상) 액체
- (유해성·위험성 분류)
 - 특정표적장기 독성(1회노출) 구분1
 - 특정표적장기 독성(반복노출) 구분1
 - 심한 눈 손상성 및 눈 자극성 구분2
 - 오존층 유해성 구분1
 - 만성 수생환경 유해성 구분3
- (건강영향) 간 손상, 현기증, 두통, 심장질환
- (법적규제)
 - 산업안전보건법, 화학물질관리법, 위험물안전관리법, 폐기물관리법 : 해당없음
 - 할로젠화합물 소화약제 혼합 조성비* : 4.75 ± 0.5 wt %
 - * 소화약제의 형식승인 및 제품검사의 기술기준(국민안전처 고시 제2016-131호)

□ 국내·외 사용실태

- 우리나라*를 제외한 다른 외국에서는 HCFC-123을 소화약제로 미사용
 - 2016년에 생산된 소화기*는 총 4,543,406대로서, 이중 HCFC-123 소화기는 96,694대로 총 생산량의 약 2.1%를 차지함
 - * 분말 4,359,702, HCFC-123 96,694, 이산화탄소 68,108, 기타 18,902
- 오존층보호법(오존층 보호를 위한 특정물질의 제조·규제 등에 관한 법률 제14314호)에 따른 특정물질로 규정

- 몬트리올의정서에 따라 HCFC-123 등을 포함한 HCFCs(수소염화플루오르화탄소)류는 2030년까지 단계적으로 사용을 중단하고 2040년에 전면 사용 중단 예정

☐ 노출기준 및 개인보호구

- ACGIH 및 국내의 노출기준 자료는 없음
- Dupont사 노출기준
 - 흡입 노출 제한치 : 50ppm(8hr, 12hr TWA)
 - 긴급 노출 제한치 : 1,000ppm(1시간), 2,500ppm(1분)
- Dupont사 개인보호구 권고기준
 - 50~300ppm : 유기화합물용 방독마스크(반면형)
 - 300ppm 이상 : 유기화합물용 방독마스크(전면형), 송기 마스크 등

☐ 업무상질병 발생 사례

- (해외) 제련공(벨기에, 1997년) 및 에어컨 제조자(홍콩, 2014년) 간 손상 발생
- (국내, 2010년) 의료기 세척 작업자 간 손상 발생(2010년)
- (국내, 2017년) HCFC-123에 노출되어 독성간염 2명 발생(1명 사망)

☐ 국내 취급 실태

○ 사업장수 : 38개소

※ 40개소로 확인되나 2개소는 사업장 기본정보 확인불가 제외

○ 규모별 분포

근로자 수	50인 미만	50인 이상 100인 미만	100인 이상 300인 미만	300인 이상 500인 미만	500인 이상 1,000인 미만	1,000인 이상
사업장 수	29	3	2	1	0	3

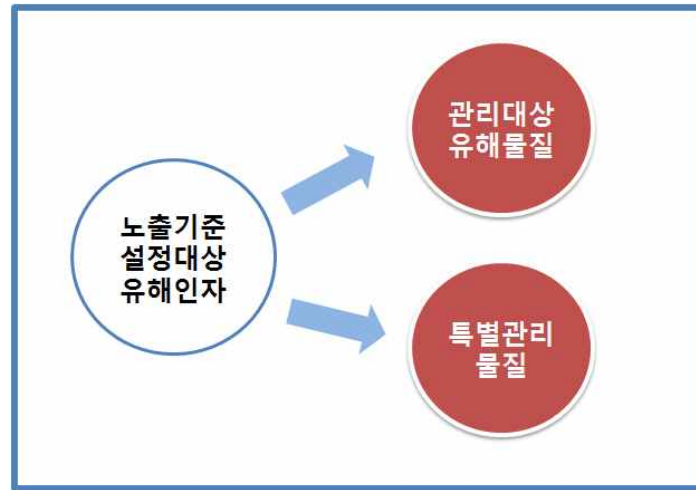
○ 노출근로자수

- 고용부 및 공단에서 실태조사 중으로 아직 확인 불가
- 다만, 기 실시한 8개사에서 확인된 노출근로자는 56명임.

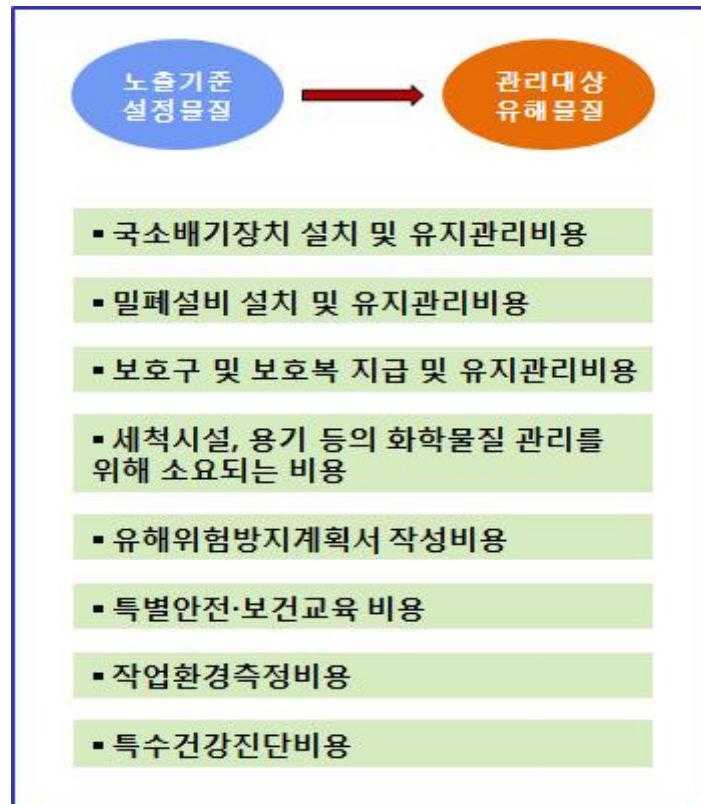
연구방법

□ 본 연구는 허용기준설정 규제와는 달리 화학물질의 관리수준 변경에 따른 사회성·경제성 평가 연구임

- 본 보고서의 주 연구와는 연구방법상의 차이가 있기에 선행연구(김태운, 2014)의 방법론을 준용하여 사회성·경제성 평가를 수행하였음
- 선행연구에서는 화학물질의 관리수준 변경 시나리오를 구분하여 사회성·경제성 평가를 수행하였음



- 이에 소화약제(HCFC-123)의 관리수준 변경에 따른 시나리오는 다음과 같음
 - 노출기준 설정물질이 관리대상 유해물질로 지정되는 경우의 비용항목은 다음과 같음

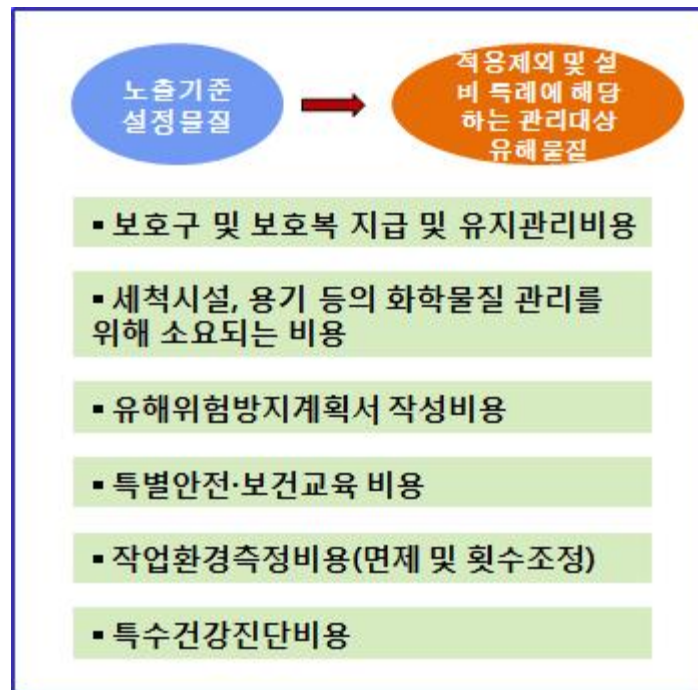


- 노출기준 설정물질이 관리대상 유해물질로 지정되는 경우에 발생하는 비용의 산출방법은 다음과 같음

◆ 총비용

= {(국소배기장치 설치 및 유지관리비용 + 밀폐설비 설치 및 유지관리비용 + 보호복 및 보호구 지급비용 + 세척시설 및 용기 등 관리비용 + 유해위험방지계획서 작성비용 + 특별안전·보건교육 진행비용 + 작업환경측정 및 결과보존비용 + 특수건강검진 및 결과보존비용) x 비율이 반영된 사업장수}

- 노출기준 설정물질이 적용예외나 특례를 받는 관리대상 유해물질로 지정되는 경우의 비용항목은 다음과 같음

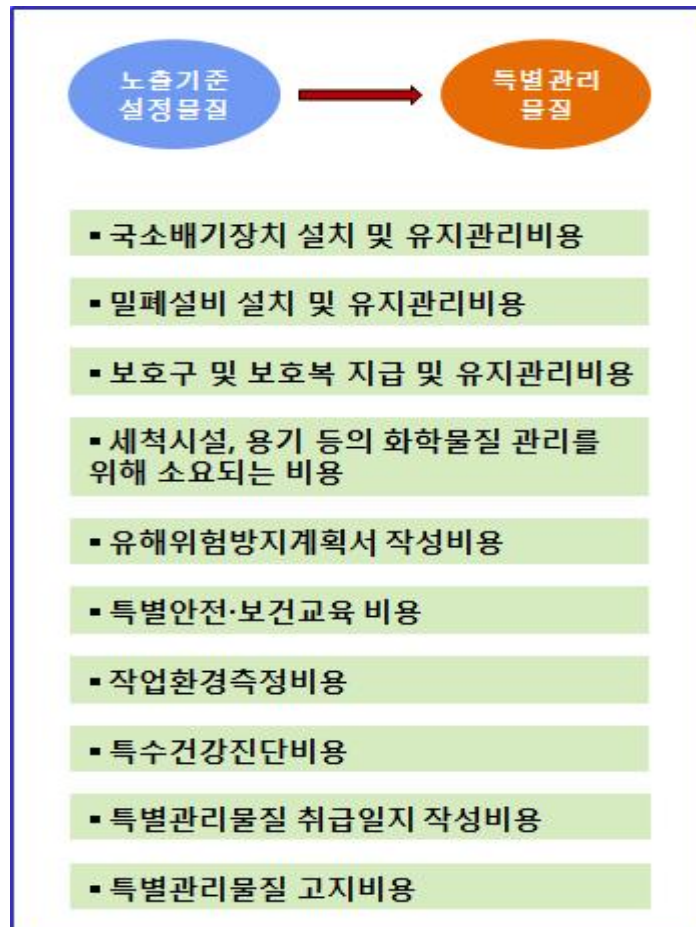


- 노출기준 설정물질이 적용예외나 특례를 받는 관리대상 유해물질로 지정되는 경우에 발생하는 비용의 산출방법은 다음과 같음

◆ 총비용

= {(보호복 및 보호구 지급비용 + 세척시설 및 용기 등 관리비용 + 유해위험방지계획서 작성비용 + 특별안전·보건교육 진행비용 + 작업환경측정 및 결과보존비용(노출→관리(면제·횟수조정)) + 특수건강검진 및 결과보존비용) x 비율이 반영된 사업장수}

- 노출기준 설정물질이 특별관리물질로 지정되는 경우의 비용항목은 다음과 같음



- 노출기준 설정물질이 특별관리물질로 지정되는 경우에 발생하는 비용의 산출방법은 다음과 같음

◆ 총비용

$$= \{(\text{국소배기장치 설치 및 유지관리비용} + \text{밀폐설비 설치 및 유지관리비용} + \text{보호복 및 보호구 지급비용} + \text{세척시설 및 용기 등 관리비용} + \text{유해위험방지계획서 작성비용} + \text{특별 안전·보건교육 진행비용} + \text{작업환경측정 및 결과보존비용} + \text{특수건강검진 및 결과보존비용} + \text{특별관리물질 취급일지 작성비용} + \text{특별관리물질 고지비용}) \times \text{사업장수}\}$$

□ 다만 소화약제(HCFC-123)의 취급실태에 따르면 특레나 면제를 적용받는 사업장이 전무함

- 따라서 본 사회성·경제성 평가에서는 노출기준설정대상 유해인자가 (특레나 면제를 받지 않는)관리대상유해물질로 변경될 경우와, 특별 관리물질로 변경될 경우의 두 가지 경우만을 고려함

비용 평가 및 측정 방법

□ 선행연구에서 나온 바대로 화학물질의 관리제도 유형에 따라 산출된 비용항 목별 단가를 적용하여, 시나리오별로 사회적 비용을 추정함

- 항목별 비용단가에 비용 시나리오별로 대상 화학물질의 사업체수를 곱하여 사회적 비용을 추정함
- 다음은 노출기준 설정물질이 관리대상 유해물질로 선정되는 경우, 사회적 비용 추정에 필요한 비용 산출근거에 대한 예시임

(예시)

‘관리대상 유해물질’로 선정되는 경우의 비용 산출근거

1. 관리 및 조치비용(30년 기준 비용, 할인율 5.5% 적용)

1) 국소배기장치 설치 및 유지관리비용(설문결과)

$$= [(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수})\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년}) \times \{\text{국소배기장치 설치개수}/\text{전체 업체개수} = \underline{\text{국소배기장치 설치비율}}(\text{국소배기장치, 밀폐설비 중 택1})\}$$

: 1,624,882,541원

2) 밀폐설비 설치 및 유지관리비용(설문결과)

$$= [(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수}) \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})\}] \times \{\text{밀폐설비 설치개수}/\text{전체 업체개수} = \underline{\text{밀폐설비 설치비율}}(\text{국소배기장치, 밀폐설비 중 택1})\}$$

: 210,104,622원

3) 보호복 및 보호구 지급비용(설문결과)

$$= \text{내구용품 비용} + (\text{소모품 비용} \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년}))$$

: 51,346,406원

4) 세척시설 및 용기 등 관리비용(설문결과)

$$= \text{세척시설 및 용기구입 및 유지관리비용} \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})$$

: 1,267,623,500원

5) 유해위험방지계획서 작성비용(설문결과)

$$= (1\text{건당 작성비용} + 1\text{건당 소요시간} \times 1\text{인 시간당 임금비용}) \times \text{연간시행건수} \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년})$$

: 133,592,248원

6) 특별안전·보건교육 비용(설문결과)

= (1건당 시행비용 + 1건당 소요시간 x 1인 시간당 임금비용 x 인원수) x 연간시행건수 x 할인율이 적용된 분석기간(30년)
: 179,605,456원

7) 작업환경측정 평균 비용

= (1건당 작성비용 + 1건당 소요시간 x 1인 시간당 임금비용) x 연간시행건수 x 할인율이 적용된 분석기간(30년) + (30년 서류보존비용)
: 44,573,948원

8) 특수건강진단 비용(설문결과)

= (1건당 진단비용 + 1건당 소요시간 x 1인 시간당 임금비용) x 연간시행건수 x 연간 진단인원수 x 할인율이 적용된 분석기간(30년) + (30년 서류보존비용)
: 44,029,256원

편익평가 및 측정 방식 적용

□ 편익의 항목

- 화학물질의 관리수준의 변경으로 인한 편익은 직업병감소 효과 및 기타 안전사고 감소 효과 등의 경제사회적 효과를 의미함
- 화학물질의 관리수준 변경으로 인한 편익은 크게 근로자의 직업병 감소 및 시너지 효과와 기타 안전사고 감소 및 시너지 효과 등의 예방의 편익 항목으로 구분됨
- 직업병 감소 및 시너지 효과는 적절한 화학물질의 관리수준의 변경을 통해 화학물질로 인한 직업병이나 업무상 질병의 발생이 감소함으로써 근로자의 건강개선에 긍정적 영향을 끼치는 효과를 의미함

- 기타 안전사고 감소 및 시너지 효과는 폭발·화재·누출 및 2차 노출의 예방을 통한 안전사고 감소와 그로 인한 인근 주민과 사업장의 피해가 감소함으로써 사고로 인한 피해와 환경오염 등을 감소시키는 것을 의미함

□ 편익 평가 및 측정 방법

① 직업병 감소 및 시너지효과

- 직업병감소 및 시너지효과는 규제 대상 사업장에서 소화약제(HCFC-123)를 취급하는 근로자의 작업환경 및 작업여건의 개선을 통한 직업에 의해 발생할 수 있는 질병의 감소효과와 해당 물질 이외에도 동 사업장에서 취급하고 있는 다른 화학물질을 함께 취급하는 근로자들의 직업병 감소효과를 의미함
- 직업병 감소 효과 및 시너지효과는 직업병 발생으로 인한 손실비용으로 추정할 수 있음
- 이 편익은 10년, 30년, 영구적 기간 동안 관리수준 변경에 따라 규제대상 화학물질로 인한 산재보상 손실비용과 그로인한 간접비용에 직업병 감소율을 반영하여 계산함
- 직업병 감소율은 문헌검토 및 선행연구에서 나타난 전문가 대상 델파이 설문조사 결과를 활용함

◆ 직업병감소 효과

{규제대상 화학물질수 x 연간 화학물질 1종당 직업병 및
관련 질병발생 보상비용 x 직업병 감소 효과(%)} x 할인율
이 적용된 분석기간

◆ 직업병감소 시너지 효과

{(국내/외 직업병 발생 화학물질수 - 규제대상 화학물질
수) × 연간 화학물질 1종당 직업병 및 관련 질병발생 보상
비용 × 직업병 감소 시너지효과(%)} × 할인율이 적용된
분석기간

② 기타 안전사고 감소 및 시너지 효과

- 기타 안전사고 및 시너지 효과는 본 규제에 의한 폭발·화재·누출 등 사고
감소, 2차 노출의 감소, 인근 주민 피해 감소의 항목으로 구성됨.
- 폭발·화재·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과
 - 폭발·화재·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과는 관리수준 변경으로 해당 사
업장에서 소화약제(HCFC-123)로 인해 발생할 수 있는 사고의 예방으로
인한 사고 감소효과와 해당 물질 이외에도 동 사업장에서 취급하고 있는
다른 화학물질로 인해 발생할 수 있는 사고의 예방으로 인한 사고 감소효
과를 의미함
 - 이 편익은 10년, 30년, 영구적 기간 동안 사업체에서 사용, 제조 및 취급 중
인 화학물질과 그 외의 화학물질로 인한 산업재해 손실비용에 폭발·화재·
누출사고 감소율을 반영하여 계산함
 - 폭발·화재·누출사고 감소율은 문헌검토 및 선행연구의 전문가 대상 델파이

설문조사 결과를 활용함

◆ 폭발·화재·누출 등 사고 감소 효과

{규제대상 화학물질수 × 연간 화학물질 1종당 화재/폭발/누출 사고 보상비용 × 화재/폭발/누출사고 감소 효과(%)} × 할인율이 적용된 분석기간

◆ 폭발·화재·누출 등 사고 감소 시너지 효과

{(사업체 사용 유해 화학물질수 - 규제대상 화학물질수) × 연간 화학물질 1종당 화재/폭발/누출 사고 보상비용 × 화재/폭발/누출사고 감소 시너지효과(%)} × 할인율이 적용된 분석기간

○ 2차 노출 감소 및 시너지 효과

- 2차 노출 감소 및 시너지 효과는 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 소화약제(HCFC-123)를 취급하는 근로자들의 가족 등 사업장 외부 타인이 근로자와 접촉함으로써 인해 화학물질에 노출되는 것을 예방함으로써, 간접 노출로 인해 발생할 수 있는 인명 피해와 기타 건강장애의 감소를 의미함.

- 이 편익은 10년, 30년, 영구적 기간 동안 사업체에서 사용, 제조 및 취급 중인 화학물질과 그 외의 화학물질 2차 노출로 인한 손실비용에 감소율을 반영하여 계산할 수 있으나, 2차 노출로 인한 손실비용에 대한 문헌이 부족하여 이를 계산하기 어려움

○ 그러나 기타 안전사고 및 시너지 효과에 해당하는 편익은 기존 문헌이 부족하여 정확한 측정이 어렵기에 이후 본 연구에서는 편의상 α 와 β 로 표기하고자 함.

- 본 규제에 의한 환경오염의 감소비용과 장치 및 설비를 새롭게 설치하는 경우 설비의 수명연장 효과, 공정 수준의 제고로 인한 작업능률의 향상 등의 편익은 포함되지 않은 것으로 이들을 고려하면 규제의 편익은 더 커질 것임.
- 또한 화학물질로 인한 중독 등으로 인해 어지럼증, 피로누적 등이 발생하여 작업능률이 저하(장비취급 미숙)됨에도 불구하고, 통계에는 사고의 원인이 화학물질로 인한 것이 아닌 것으로 잡히어 실제로는 화학물질로 인한 사고자가 더 많은 것이라는 점을 감안하면, 폭발·화재·누출사고의 예방과 관련된 편익이 더 늘어날 것임.

◆ 기타효과

- 설비의 수명연장 효과
- 공정수준의 제고로 인한 작업능률 향상
- 화학물질 중독 등의 감소로 인한 작업능률 향상

사회성·경제성 평가 결과

□ HCFC-123이 관리대상 유해물질로 지정될 경우의 사회성·경제성 평가 결과는 다음과 같음

- 할인율 5.5% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 87,247,895,921	₩ 156,608,384,784	₩ 69,360,488,862	1.79
30년	₩ 118,333,138,438	₩ 296,074,336,866	₩ 177,741,198,427	2.50
영구	₩ 133,117,103,296	₩ 362,486,212,828	₩ 229,369,109,532	2.72

○ 할인율 3% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 91,230,065,586	₩ 174,496,912,007	₩ 83,266,846,421	1.91
30년	₩ 140,998,744,188	₩ 398,065,578,596	₩ 257,066,834,408	2.82
영구	₩ 200,322,703,590	₩ 664,558,056,851	₩ 464,235,353,261	3.32

□ 직업병 편익만을 고려한 사회성·경제성 평가의 결과는 다음과 같음

○ 할인율 5.5% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 87,247,895,921	₩ 124,455,132,418	₩ 37,207,236,496	1.43
30년	₩ 118,333,138,438	₩ 235,287,343,338	₩ 116,954,204,899	1.99
영구	₩ 133,117,103,296	₩ 288,064,203,455	₩ 154,947,100,159	2.16

○ 할인율 3% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 91,230,065,586	₩ 138,670,967,843	₩ 47,440,902,257	1.52
30년	₩ 140,998,744,188	₩ 316,338,773,072	₩ 175,340,028,883	2.24
영구	₩ 200,322,703,590	₩ 528,117,706,335	₩ 327,795,002,745	2.64

□ HCFC-123이 특별관리대상물질로 지정될 경우의 사회성·경제성 평가 결과는 다음과 같음

- 할인율 5.5% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 87,354,150,660	₩ 156,608,384,784	₩ 69,254,234,124	1.79
30년	₩ 118,555,480,235	₩ 296,074,336,866	₩ 177,518,856,630	2.50
영구	₩ 133,376,300,135	₩ 362,486,212,828	₩ 229,109,912,693	2.72

- 할인율 3% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 91,346,247,501	₩ 174,496,912,007	₩ 83,150,664,506	1.91
30년	₩ 141,238,994,765	₩ 398,065,578,596	₩ 256,826,583,832	2.82
영구	₩ 200,710,843,249	₩ 664,558,056,851	₩ 463,847,213,602	3.31

□ 직업병 편익만을 고려한 사회성·경제성 평가의 결과는 다음과 같음

- 할인율 5.5% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 87,354,150,660	₩ 124,455,132,418	₩ 37,100,981,758	1.42
30년	₩ 118,555,480,235	₩ 235,287,343,338	₩ 116,731,863,102	1.98
영구	₩ 133,376,300,135	₩ 288,064,203,455	₩ 154,687,903,320	2.16

- 할인율 3% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 91,346,247,501	₩ 138,670,967,843	₩ 47,324,720,342	1.52
30년	₩ 141,238,994,765	₩ 316,338,773,072	₩ 175,099,778,307	2.24
영구	₩ 200,710,843,249	₩ 528,117,706,335	₩ 327,406,863,085	2.63

□ 사회성·경제성 평가 결과 B/C ratio가 1을 넘는 결과를 보이고 있음

- 이는 소화약제(HCFC-123)의 관리수준 변경에 따른 규제의 편익이 비용보다 크다는 것을 의미함
- 또한 관리대상유해물질로 변경될 경우와 특별관리물질로 변경될 경우의 사회성·경제성 평가 결과는 큰 차이가 없음

[부록-4] 1,2-디클로로프로판의 사회성·경제성 평가

연구목적

- ☐ 1,2-디클로로프로판의 관리수준 변경에 관한 논의가 이루어지고 있음
 - 1,2-디클로로프로판은 현재 노출기준설정물질로 지정되어 있으나, 차후 특별관리물질로 관리수준을 상향할 것으로 예상됨
- ☐ 이에 1,2-디클로로프로판의 관리수준변경에 따른 사회성·경제성 평가를 수행하였음

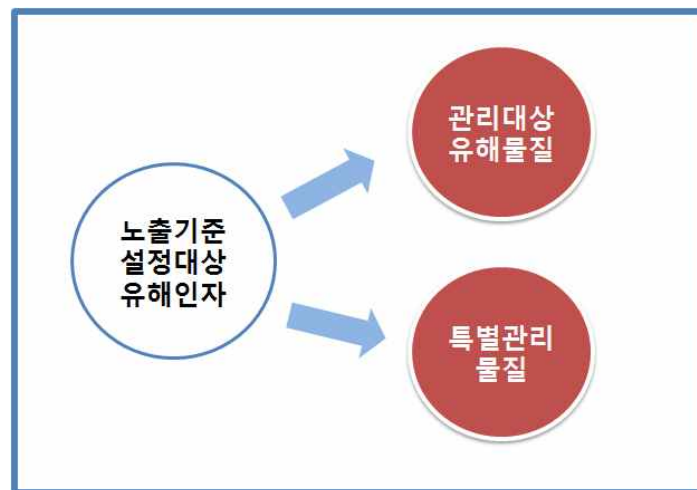
1,2-디클로로프로판 화학물질 정보

- ☐ 법적규제현황
 - 산업안전보건법의 의한 규제: 공정안전보고서 제출 대상 물질, 노출기준설정물질
 - 화학물질관리법에 의한 규정: 유독물질
 - 위험물안전관리법에 의한 규제: 4류 제1석유류(수용성) 400ℓ
 - 폐기물관리법에 의한 규제: 지정폐기물
- ☐ 국내 취급 실태
 - 사업장수 : 186개소
 - ※ 2014년 작업환경측정결과

연구방법

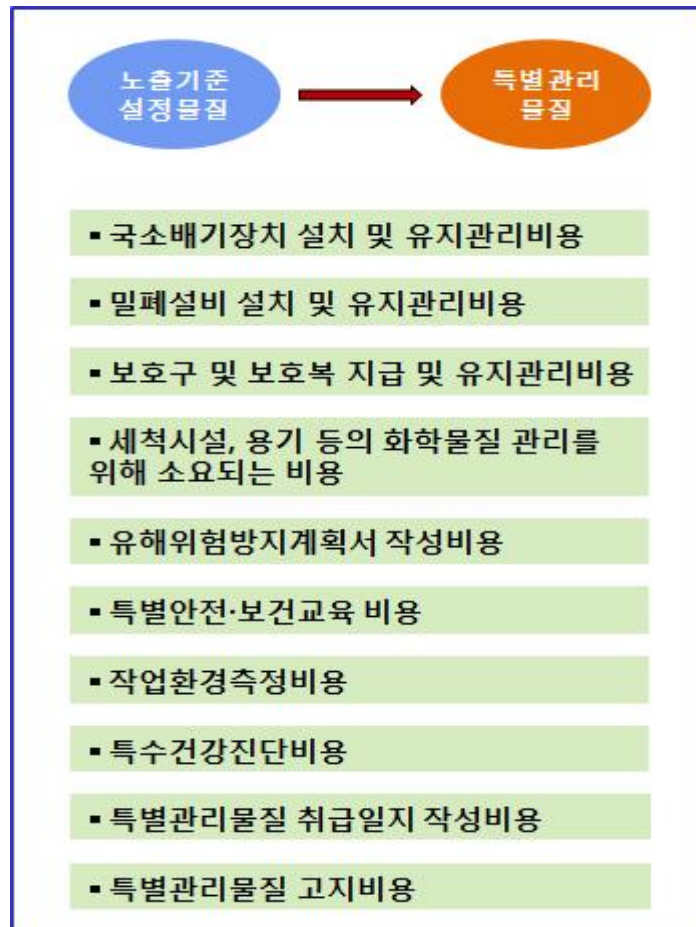
□ 본 연구는 허용기준설정 규제와는 달리 화학물질의 관리수준 변경에 따른 사회성·경제성 평가 연구임

- 본 보고서의 주 연구와는 연구방법상의 차이가 있기에 선행연구(김태운, 2014)의 방법론을 준용하여 사회성·경제성 평가를 수행하였음
- 선행연구에서는 화학물질의 관리수준 변경 시나리오를 구분하여 사회성·경제성 평가를 수행하였음



□ 이에 1,2-디클로로프로판의 관리수준 변경에 따른 시나리오는 다음과 같음

- 노출기준 설정물질이 특별관리물질로 지정되는 경우의 비용항목은 다음과 같음



- 노출기준 설정물질이 특별관리물질로 지정되는 경우에 발생하는 비용의 산출방법은 다음과 같음

◆ 총비용

= {(국소배기장치 설치 및 유지관리비용 + 밀폐설비 설치 및 유지관리비용 + 보호복 및 보호구 지급비용 + 세척시설 및 용기 등 관리비용 + 유해위험방지계획서 작성비용 + 특별안전·보건교육 진행비용 + 작업환경측정 및 결과보존비용 + 특수건강검진 및 결과보존비용 + 특별관리물질 취급일지 작성비용 + 특별관리물질 고지비용) x 사업장수}

□ 1,2-디클로로프로판의 경우 현재 특별관리물질로 관리수준을 상향할 것으로 예상되기에 관리대상유해물질로 변경될 경우의 사회성·경제성 평가는 생략하였음

- 따라서 본 사회성·경제성 평가에서는 노출기준설정대상 유해인자가 특별관리물질로 변경될 경우만을 고려함

비용 평가 및 추정 방법

□ 선행연구에서 나온 바대로 화학물질의 관리제도 유형에 따라 산출된 비용항목별 단가를 적용하여, 시나리오별로 사회적 비용을 추정함

- 항목별 비용단가에 비용 시나리오별로 대상 화학물질의 사업체수를 곱하여 사회적 비용을 추정함
- 다음은 노출기준 설정물질이 관리대상 유해물질로 선정되는 경우, 사회적 비용 추정에 필요한 비용 산출근거에 대한 예시임

(예시)

‘관리대상 유해물질’로 선정되는 경우의 비용 산출근거

1. 관리 및 조치비용(30년 기준 비용, 할인율 5.5% 적용)

1) 국소배기장치 설치 및 유지관리비용(설문결과)

$$= [(1\text{개당 설치비용} \times \text{개수}) + \text{기타비용} + \text{면적비용} + \{(\text{유지관리비} \times \text{개수})\} \times \text{할인율이 적용된 분석기간}(30\text{년}) \times \{ \text{국소배기장치 설치개수} / \text{전체 업체개수} = \text{국소배기장치 설치비율}(\text{국소배기장치, 밀폐설비})$$

중 택1))

: 1,624,882,541 원

2) 밀폐설비 설치 및 유지관리비용(설문결과)

= [(1개당 설치비용 x 개수) + 기타비용 + 면적비용 + {(유지관리비 x 개수) x 할인율이 적용된 분석기간(30년)}] x {밀폐설비 설치개수/전체 업체개수} = 밀폐설비 설치비율(국소배기장치, 밀폐설비 중 택1))

: 210,104,622원

3) 보호복 및 보호구 지급비용(설문결과)

= 내구용품 비용 + (소모품 비용 x 할인율이 적용된 분석기간(30년))

: 51,346,406원

4) 세척시설 및 용기 등 관리비용(설문결과)

= 세척시설 및 용기구입 및 유지관리비용 x 할인율이 적용된 분석기간(30년)

: 1,267,623,500원

5) 유해위험방지계획서 작성비용(설문결과)

= (1건당 작성비용 + 1건당 소요시간 x 1인 시간당 임금비용) x 연간시행건수 x 할인율이 적용된 분석기간(30년)

: 133,592,248원

6) 특별안전·보건교육 비용(설문결과)

= (1건당 시행비용 + 1건당 소요시간 x 1인 시간당 임금비용 x 인원수) x 연간시행건수 x 할인율이 적용된 분석기간(30년)

: 179,605,456원

7) 작업환경측정 평균 비용

= (1건당 작성비용 + 1건당 소요시간 x 1인 시간당 임금비용) x 연간시행건수 x 할인율이 적용된 분석기간(30년) + (30년 서류보존비용)

: 44,573,948원

8) 특수건강진단 비용(설문결과)

= (1건당 진단비용 + 1건당 소요시간 x 1인 시간당 임금비용) x 연간시행건수 x 연간 진단인원수 x 할인율이 적용된 분석기간(30년) + (30년 서류보존비용)

: 44,029,256원

편익평가 및 측정 방식 적용

□ 편익의 항목

- 화학물질의 관리수준의 변경으로 인한 편익은 직업병감소 효과 및 기타 안전사고 감소 효과 등의 경제사회적 효과를 의미함
- 화학물질의 관리수준 변경으로 인한 편익은 크게 근로자의 직업병 감소 및 시너지 효과와 기타 안전사고 감소 및 시너지 효과 등의 예방의 편익 항목으로 구분됨
 - 직업병 감소 및 시너지 효과는 적절한 화학물질의 관리수준의 변경을 통해 화학물질로 인한 직업병이나 업무상 질병의 발생이 감소함으로써 근로자의 건강개선에 긍정적 영향을 끼치는 효과를 의미함
 - 기타 안전사고 감소 및 시너지 효과는 폭발·화재·누출 및 2차 노출의 예방을 통한 안전사고 감소와 그로 인한 인근 주민과 사업장의 피해가 감소함으로써 사고로 인한 피해와 환경오염 등을 감소시키는 것을 의미함

□ 편익 평가 및 측정 방법

① 직업병 감소 및 시너지효과

- 직업병감소 및 시너지효과는 규제 대상 사업장에서 1,2-디클로로프로판을 취급하는 근로자의 작업환경 및 작업여건의 개선을 통한 직업에 의해 발생할 수 있는 질병의 감소효과와 해당 물질 이외에도 동 사업장에서 취급하고 있는 다른 화학물질을 함께 취급하는 근로자들의 직업병 감소효과를 의미함
- 직업병 감소 효과 및 시너지효과는 직업병 발생으로 인한 손실비용으로 추정할 수 있음
- 이 편익은 10년, 30년, 영구적 기간 동안 관리수준 변경에 따라 규제대상 화학물질로 인한 산재보상 손실비용과 그로인한 간접비용에 직업병 감소율을 반영하여 계산함
- 직업병 감소율은 문헌검토 및 선행연구에서 나타난 전문가 대상 델파이 설문조사 결과를 활용함

◆ 직업병감소 효과

{규제대상 화학물질수 x 연간 화학물질 1종당 직업병 및 관련 질병발생 보상비용 x 직업병 감소 효과(%)} x 할인율이 적용된 분석기간

◆ 직업병감소 시너지 효과

{(국내/외 직업병 발생 화학물질수 - 규제대상 화학물질수) x 연간 화학물질 1종당 직업병 및 관련 질병발생 보상비용 x 직업병 감소 시너지효과(%)} x 할인율이 적용된 분석기간

② 기타 안전사고 감소 및 시너지 효과

- 기타 안전사고 및 시너지 효과는 본 규제로 인한 폭발·화재·누출 등 사고 감소, 2차 노출의 감소, 인근 주민 피해 감소의 항목으로 구성됨.
- 폭발·화재·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과
 - 폭발·화재·누출 등 사고 감소 및 시너지 효과는 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 1,2-디클로로프로판으로 인해 발생할 수 있는 사고의 예방으로 인한 사고 감소효과와 해당 물질 이외에도 동 사업장에서 취급하고 있는 다른 화학물질로 인해 발생할 수 있는 사고의 예방으로 인한 사고 감소효과를 의미함
 - 이 편익은 10년, 30년, 영구적 기간 동안 사업체에서 사용, 제조 및 취급 중인 화학물질과 그 외의 화학물질로 인한 산업재해 손실비용에 폭발·화재·누출사고 감소율을 반영하여 계산함
 - 폭발·화재·누출사고 감소율은 문헌검토 및 선행연구의 전문가 대상 델파이 설문조사 결과를 활용함

◆ 폭발·화재·누출 등 사고 감소 효과

{규제대상 화학물질수 × 연간 화학물질 1종당 화재/폭발/누출 사고 보상비용 × 화재/폭발/누출사고 감소 효과(%)} × 할인율이 적용된 분석기간

◆ 폭발·화재·누출 등 사고 감소 시너지 효과

{(사업체 사용 유해 화학물질수 - 규제대상 화학물질수) × 연간 화학물질 1종당 화재/폭발/누출 사고 보상비용 × 화재/폭발/누출사고 감소 시너지효과(%)}
× 할인율이 적용된 분석기간

○ 2차 노출 감소 및 시너지 효과

- 2차 노출 감소 및 시너지 효과는 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 1,2-디클로로프로판을 취급하는 근로자들의 가족 등 사업장 외부 타인이 근로자와 접촉함으로써 인해 화학물질에 노출되는 것을 예방함으로써, 간접 노출로 인해 발생할 수 있는 인명 피해와 기타 건강장애의 감소를 의미함.

- 이 편익은 10년, 30년, 영구적 기간 동안 사업체에서 사용, 제조 및 취급 중인 화학물질과 그 외의 화학물질 2차 노출로 인한 손실비용에 감소율을 반영하여 계산할 수 있으나, 2차 노출로 인한 손실비용에 대한 문헌이 부족하여 이를 계산하기 어려움

○ 그러나 기타 안전사고 및 시너지 효과에 해당하는 편익은 기존 문헌이 부족하여 정확한 측정이 어렵기에 이후 본 연구에서는 편의상 α 와 β 로 표기하고자 함.

○ 본 규제로 인한 환경오염의 감소비용과 장치 및 설비를 새롭게 설치하는 경우 설비의 수명연장 효과, 공정 수준의 제고로 인한 작업능률의 향상 등의 편익은 포함되지 않은 것으로 이들을 고려하면 규제의 편익은 더 커질 것임.

- 또한 화학물질로 인한 중독 등으로 인해 어지럼증, 피로누적 등이 발생하여 작업능력이 저하(장비취급 미숙)됨에도 불구하고, 통계에는 사고의 원인이 화학물질로 인한 것이 아닌 것으로 잡히어 실제로는 화학물질로 인한 사고자가 더 많은 것이라는 점을 감안하면, 폭발·화재·누출사고의 예방과 관련된 편익이 더 늘어날 것임.

◆ 기타효과

- 설비의 수명연장 효과
- 공정수준의 제고로 인한 작업능률 향상
- 화학물질 중독 등의 감소로 인한 작업능률 향상

사회성·경제성 평가 결과

- ☐ 1,2-디클로로프로판이 특별관리대상물질로 지정될 경우의 사회성·경제성 평가 결과는 다음과 같음

- 할인율 5.5% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 378,830,942,559	₩ 1,230,244,767,721	₩ 851,413,825,162	3.25
30년	₩ 594,065,200,249	₩ 2,372,108,188,808	₩ 1,778,042,988,559	3.99
영구	₩ 678,316,040,848	₩ 2,967,524,150,775	₩ 2,289,208,109,927	4.37

- 할인율 3% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 391,658,570,523	₩ 1,359,255,424,584	₩ 967,596,854,061	3.47
30년	₩ 567,054,481,311	₩ 3,123,255,887,145	₩ 2,556,201,405,834	5.51
영구	₩ 784,637,245,629	₩ 5,311,540,067,659	₩ 4,526,902,822,030	6.77

□ 직업병 편익만을 고려한 사회성·경제성 평가의 결과는 다음과 같음

- 할인율 5.5% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 378,830,942,559	₩ 1,007,341,875,031	₩ 628,510,932,472	2.66
30년	₩ 594,065,200,249	₩ 1,942,315,849,159	₩ 1,348,250,648,910	3.27
영구	₩ 678,316,040,848	₩ 2,429,850,888,761	₩ 1,751,534,847,914	3.58

- 할인율 3% 적용

	비용	편익	순편익	B/C ratio
10년	₩ 391,658,570,523	₩ 1,112,977,631,746	₩ 721,319,061,223	2.84
30년	₩ 567,054,481,311	₩ 2,557,366,244,594	₩ 1,990,311,763,283	4.51
영구	₩ 784,637,245,629	₩ 4,349,164,386,993	₩ 3,564,527,141,364	5.54

□ 사회성·경제성 평가 결과 B/C ratio가 1을 넘는 결과를 보이고 있음

- 이는 1,2-디클로로프로판의 관리수준 변경에 따른 규제의 편익이 비용보다 크다는 것을 의미함

첨 부

<첨부 1> 규제의 편익 평가 및 측정을 위한 설문지 -델파이 1회 설문-

<첨부 2> 규제의 편익 평가 및 측정을 위한 설문지 -델파이 2회 설문-

<첨부1> 규제 편익 평가 및 측정을 위한 설문지

-텔파이 1회 설문-

분류:

ID

					-				
--	--	--	--	--	---	--	--	--	--

안녕하십니까?

최근 안전보건공단 화학물질평가 실무위원회에서는 산업안전보건법령에서 정하고 있는 관리대상 유해인자 및 작업환경측정 대상 유해인자를 대상으로 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있거나 급성중독 발생위험이 있는 26종 화학물질을 선정하였습니다. 그리고 해당 화학물질들을 허용기준 설정 대상 유해인자로 추가 지정하는 것을 검토하고 있습니다. 선정된 26종의 화학물질은 현재의 노출기준 설정 대상 유해인자에서 허용기준 설정 대상 유해인자로 관리수준이 변경될 예정입니다. 26종의 화학물질은 다음의 [표-1]과 같습니다.

[표-1] 26종 화학물질 분류표

현재 관리기준	물질명	
노출기준 설정물질	1,2-디클로로프로판	
관리대상 유해물질	삼수소화비소	스티렌
	암모니아	메틸 알코올
	메틸렌 디페닐 디이소시아네이트	망간 및 그 무기화합물
	염소	아닐린과 아닐린 동족체
	브롬화 메틸	시클로헥사논
	수산화나트륨	코발트 및 그 무기화합물
	톨루엔	디클로로메탄
	일산화탄소	트리클로로메탄
	니켈카보닐	
특별관리 물질	산화에틸렌	수은
	황산	아크릴로니트릴
	1,3-부타디엔	
허가대상 물질	염화비닐	베릴륨 및 그 화합물
	휘발성콜타르피치	

이에 화학물질과 관련된 산업안전보건분야의 전문가이신 선생님께 이들 물질이 허용기준 설정 대상 유해인자로 선정될 경우 예상되는 경제사회적 편익을 여쭙고자 합니다. 응답해 주신 내용이 향후 사업장에서 발생할 수 있는 사고 및 질병 예방을 위한 정책 수립을 위한

중요한 정책 자료로 반영될 수 있도록 조사에 협조해 주실 것을 간곡히 부탁드립니다.

귀하에게 지속적인 발전과 성장이 있으시길 바라며 다시 한 번 감사드립니다.

2017년 9월

고용노동부 · 연세대학교

※ 본 조사의 결과는 통계법 제33조에 의거하여 비밀이 보장되며, 설문에 대한 모든 응답과 개인적인 사항은 철저히 무기명으로 처리되고, 통계분석의 목적 이외에는 절대 사용되지 않습니다.

연구책임자: 김태운

연구담당자: 양수임

※ 설문파일에 답을 기입하신 파일의 이름을 “설문지_****(존함)”으로 변경하신 후에 연구담당자 양수임 연구원에게 이메일로 회신해주시기 부탁드립니다.

※ 소정의 자문료를 지급하고자 하오니 아래에 개인정보를 기입하여 주시기도 부탁드립니다. 선생님 개인정보가 유출되어지는 일이 절대로 없도록 조심하겠습니다.

이름:

계좌번호:

주소:

주민번호:

질문1. 노출기준설정대상 유해인자가 허용기준설정대상 유해인자로 변경되면, 사업주는 사업장 내 노출농도를 법에서 정한 허용기준 이하로 유지할 의무가 있습니다. 이를 어겼을 경우 산업안전보건법 제 72조에 따라 과태료 1,000만원이 부과됩니다. 즉, 노출기준 준수가 의무화 되는 것입니다. 이에 피규제자들은 노출기준을 준수하기 위하여 다음과 같은 추가적인 조치를 취할 것으로 예상됩니다.

- 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치
- 송풍기 추가 설치 및 가동시간 증가
- 국소배기 장치 가동시간 증가

8-9쪽의 참고문헌에 26종 화학물의 노출기준([표-2])과 관련법령내용(산업안전보건법 제39조2 (유해인자 허용기준의 준수), 산업안전보건법 시행규칙 제81조 4 (허용기준))이 안내되어있습니다. 이를 고려하셨을 때, 사업장들이 현재에 비해서 추가적인 노력은 어느 정도 기울일 것으로 예상하십니까? 다소 막연하더라도 적극적으로 추정치를 제시해주시기를 부탁드립니다.

사업장의 추가적인 노력정도	
현재의 노력에 비해	% 증가

질문2. 본 연구에서는 26종의 화학물질 관리수준의 변경으로 인한 경제사회적인 편익을 ‘직업병 감소’, ‘사업장 직업병 감소 시너지효과’, ‘2차 노출 감소’, ‘2차 노출관련 시너지효과’, ‘일반 산업재해, 폭발, 누출 감소효과’, ‘일반 산업재해, 폭발, 누출 시너지효과’의 6가지 항목으로 구분하여 평가 및 측정하고자 합니다. 우선 종합적으로 26종 화학물질에 대한 관리의 전체 효과를 감소율(%)로 파악하고, 개별적인 화학물질 관리수준 향상의 개별적인 효과를 전체 26종 중에서의 상대적인 수준으로 1점에서 5점으로 상대평가하고자 합니다. 10-15쪽의 참고문헌에 기술되어 있는 26종 화학물의 건강장해 및 화재 및 폭발 위험성([표-3], [표-4])과 개념 설명 및 관련된 문헌의 소개([표-5])설명을 참조하시어, 다음의 4쪽과 5쪽에 있는 표에 직접 숫자(26종 전체의 경우 감소율 숫자, 나머지 물질별로는 1-5점까지의 척도)로 기입하여 주시기 바랍니다.

- * '26종 모든 화학물질'의 경우는 추정감소율을 숫자로 기입하여 주십시오.
- * 이하 각각의 화학물질의 경우는 이번 조치가 여타의 25종의 화학물질에 비하여 해당 화학물질로 인한 효과가 상대적으로 '매우 높다(5)', '높다(4)', '보통이다(3)', '특별히 높지 않다(2)', '미미하다(1)'로 1에서 5까지의 척도점수로 기입하여 주십시오.

화학물질 \ 편익 항목	직업병 감소	직업병 감소 시너지 효과	2차 노출 감소	2차 노출 시너지 효과	화재, 폭발, 누출 등 사고 감소	화재, 폭발, 누출 등 사고 시너지 효과
26종 모든 화학물질 (감소율)	%	%	%	%	%	%
노출기준설정물질(1종) *노출기준설정물질은 산업안전보건법 상 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있지 않습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치 등의 추가적인 조치를 취하게 될 것으로 예상됩니다.						
1,2-디클로로프로판						
관리대상유해물질(17종) *관리대상유해물질은 산업안전보건법 상 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있습니다. 다만 사업장에 따라서는 면제 및 특례를 적용받는 사업장도 있습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 기존에 설치되어있던 국소배기 장치 및 밀폐설비의 가동시간 증가, 효율증가 등의 추가적인 조치를 모색할 것으로 예상됩니다.						
삼수소화비소						
암모니아						
메틸렌 디페닐 디이소시아네이트						
염소						
브롬화 메틸						
수산화나트륨						
톨루엔						
일산화탄소						
니켈카보닐						
스티렌						
메틸 알코올						

각각의 화학물질의 경우는
여타의 25종의 화학물질에
비하여 해당 화학물질로 인한
효과가 상대적으로
'매우 높다(5)', '높다(4)',
'보통이다(3)', '특별히 높지
않다(2)', '미미하다(1)'로
1에서 5까지의 척도점수로
기입하여 주십시오.

편의 항목	직업병 감 소	사업장 직 업병 시너 지 효과	2차 노출 감소	2차 노출 관련 시너 지 효과	일반 산업 재해, 폭 발, 누출 감소	일반 산업 재해, 폭 발, 누출 시너지 효 과
화학물질						
망간 및 그 무기화 합물						
아닐린과 아닐린 동 족체						
시클로헥사논						
코발트 및 그 무기 화합물						
디클로로메탄						
트리클로로메탄						

특별관리물질(5종)

산화에틸렌							해당 화학물질로 인한 효과
황산							상대적으로 '매우 높다(5)', '높다'
1,3-부타디엔							'보통이다(3)', '특별히 높지 않다'
수은							'미미하다(1)'로
아크릴로니트릴							

허가대상물질(3종)

염화비닐					
휘발성콜타르피치					
베릴륨 및 그 화합물					

〈기타의 경제사회적 편익〉

질문3. 규제로 인한 각각의 화학물질에 대한 관리수준의 향상으로 위의 나열된 6가지의 항목들 이외에 발생할 수 있는 편익이 있다면, 어떤 것들이 있을 것으로 예상하십니까? 항목과 이유를 구체적으로 기술해 주시기 바랍니다.

항목	이유

〈사회취약계층에 대한 효과〉

질문4. 규제로 인한 각각의 화학물질에 대한 관리수준의 향상이 특별히 사회취약계층(저소득층 근로자, 여성 근로자, 사회적 약자인 근로자, 낙후된 지역의 근로자, 고령취업자, 비정규직 노동자, 외국인근로자)에게 보다 큰 효과가 발생할 것이라고 예상하십니까?

* 여기의 체크(☒)를 복사해서서 삽입하시면 되겠습니다.

①()효과 없음

②()효과 있음

질문4-1. (질문3에서 '② 효과 있음'으로 응답한 경우) 사회취약계층에게 효과가 발생할 것이라고 응답하신 경우, 효과가 발생할 것이라고 예상되는 계층에 '효과의 유무'를 표시해 주시고, '효과의 수준'을 1점에서 5점의 점수(매우 높다(5), 높다(4), 보통이다(3), 특별히 높지 않다(2), 거의 없다(1))로 평가해 주시기 바랍니다.

* 효과가 있는 계층의 '효과의 유무' 항목에 여기의 체크(☒)를 복사해서서 삽입하시면 되겠습니다.

구분	효과의 유무	효과의 수준
저소득층 근로자		
여성근로자		
사회적 약자인 근로자		
낙후된 지역의 근로자		
고령취업자		
비정규직 노동자		
외국인 근로자		

질문4-2. 위의 질문3-1에 제시된 계층 외에 규제로 인한 각각의 화학물질에 대한 관리수준의 향상으로 특별히 효과가 발생할 수 있는 사회취약계층이 있다면 제시해주시기 바랍니다. 또한 '효과의 수준'을 1점

에서 5점의 점수(매우 높다(5), 높다(4), 보통이다(3), 특별히 높지 않다(2), 거의 없다(1))로 평가해 주시기 바랍니다.

기타 사회취약계층	효과의 수준

질문a. 귀하의 성별은 무엇입니까? ()

질문b. 귀하의 연령은 어떻게 되십니까? (만 세)

질문c. 귀하가 산업안전보건 분야에서 근무한 경력은 얼마나 되십니까? (년 개월)

작 성 일 자	2017년 9월 일	코딩원 확인	
---------	------------------	--------	--

바쁘신 가운데 설문에 응해주셔서 대단히 감사드립니다.

[표-2] 26종 화학물질 노출기준*

구분	화학물질명	노출기준			
		TWA		STEL	
		ppm	mg/ m ³	ppm	mg/ m ³
노출기준 설정물질	1,2-디클로로프로판	75	350	110	510
관리대상 유해물질	삼수소화비소	0.005	0.016	—	—
	암모니아	25	18	35	27
	메틸렌 디페닐 디이소시아네이트	0.005	0.055	—	—
	염소	0.5	1.5	1	3
	브롬화 메틸	1	3.9	—	—
	수산화나트륨	—	C 2	—	—
	톨루엔	50	188	150	560
	일산화탄소	30	34	200	229
	니켈카보닐	0.001	0.007	—	—
	스티렌	20	85	40	170
	메틸 알코올	200	260	250	310
	망간 및 그 무기화합물	—	1	—	—
	아닐린과 아닐린 동족체	2	10	—	—
	시클로헥사논	25	100	50	200
	코발트 및 그 무기화합물	—	0.02	—	—
	디클로로메탄	50	175	—	—
	트리클로로메탄	10	50	—	—
특별관리 물질	산화에틸렌	1	2	—	—
	황산	—	0.2	—	0.6
	1,3-부타디엔	2	4.4	10	22
	수은	—	0.1	—	—
	아크릴로니트릴	2	4.5	—	—
허가대상 물질	염화비닐	1	—	—	—
	휘발성콜타르피치	—	0.2	—	—
	베릴륨 및 그 화합물	—	0.002	—	0.01

*고용노동부고시 제2016-41호 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」 참조

○ 산업안전보건법 제39조2 (유해인자 허용기준의 준수)

① 사업주는 발암성 물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자로서 대통령령으로 정하는 유해인자는 작업장 내의 그 노출 농도를 고용노동부령으로 정하는 허용기준 이하로 유지하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2010.6.4.>

1. 시설 및 설비의 설치나 개선이 현존하는 기술로 가능하지 아니한 경우
2. 천재지변 등으로 시설과 설비에 중대한 결함이 발생한 경우
3. 고용노동부령으로 정하는 임시 작업과 단시간 작업의 경우
4. 그 밖에 대통령령으로 정하는 경우

② 제1항 단서에도 불구하고 사업주는 유해인자의 노출 농도를 제1항에 따른 허용기준 이하로 유지하도록 노력하여야 한다.

○ 산업안전보건법 시행규칙 제81조 4 (허용기준)

① 법 제39조의2제1항 각 호 외의 부분 본문에서 "고용노동부령으로 정하는 허용기준"이란 별표 11의3과 같다.
<개정 2010.7.12.>

[별표 11의3] <개정 2016.2.17.>

유해인자별 노출농도의 허용기준(제81조의4 관련)

유해인자		허용기준			
		시간가중평균값(TWA)		단시간 노출값(STEL)	
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
1. 납 및 그 무기화합물			0.05		
2. 니켈(불용성 무기화합물)			0.2		
3. 디메틸포름아미드		10			
4. 벤젠		0.5		2.5	
5. 2-브로모프로판		1			
6. 석면			0.1개/cm ³		
7. 6가크롬 화합물	불용성		0.01		
	수용성		0.05		
8. 이황화탄소		1			
9. 카드뮴 및 그 화합물			0.01 (호흡성 분진인 경우 0.002)		
10. 톨루엔-2,4-다이소시아네이트 또는 톨루엔-2,6-다이소시아네이트		0.005		0.02	
11. 트리클로로에틸렌		10		25	
12. 포름알데히드		0.3			
13. 노말헥산		50			

※ 비고

1. “시간가중평균값(TWA, Time-Weighted Average)”이란 1일 8시간 작업을 기준으로 한 평균노출농도로서 산출공식을 다음과 같다.

$$TWA = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_8 T_8}{8}$$

주) C : 유해인자의 측정농도(단위 : ppm, mg/m³ 또는 개/cm³)

T : 유해인자의 발생시간(단위 : 시간)

2. “단시간 노출값(STEL, Short-Term Exposure Limit)”이란 15분간의 시간가중평균값으로서 노출농도가 시간가중평균값을 초과하고 단시간 노출값 이하인 경우에는 ① 1회 노출 지속시간이 15분 미만이어야 하고, ② 이러한 상태가 1일 4회 이하로 발생해야 하며, ③ 각회의 간격은 60분 이상이어야 한다.

② 허용기준 설정 대상 유해인자의 노출농도 측정에 관하여는 제93조의3을 준용한다.

[전문개정 2009.8.7.]

- * 다음은 물질안전보건자료(MSDS) 상 화학물질의 화재 및 폭발 유해·위험성에 관한 표입니다.
- * 화학물질별 화재 및 폭발 유해·위험성정도에 관한 설명을 [표-4]에 설명되어있습니다.

[표-3] 26종 화학물질의 건강장해 및 화재 및 폭발 위험성

No	물질명	CAS 번호	건강장해	화재 위험성 정도*	폭 발 여 부
1	삼수소화비소	7784-42-1	발암성 1A	4	O
2	암모니아	7664-41-7	생식세포 변이원성 2	1	O
3	메틸렌디(비스)페닐다이 소시아네이트	101-68-8	발암성 2	0	X
4	염소	7782-50-5	-	1	O
5	브롬화메틸	74-83-9	생식세포 변이원성 2	1	O
6	수산화나트륨	1310-73-2	-	0	X
7	산화에틸렌	75-21-8	발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B	4	O
8	염화비닐	75-01-4	발암성 1A	4	X
9	황산	7664-93-9	발암성 1A(강산 Mist에 한정함)	0	X
10	1,3-부타디엔	106-99-0	발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B	4	O
11	1,2-디클로로프로판	78-87-5	발암성 1A	3	X
12	톨루엔	108-88-3	생식독성 2	3	O
13	수은	7439-97-6	생식독성 1B	0	X
14	휘발성 콜타르피치	65996-93-2	발암성 1A	0	X
15	일산화탄소	630-08-0	생식독성 1A	4	O
16	베릴륨 및 그 화합물	7440-41-7	발암성 1A	1	X
17	니켈카보닐	13463-39-3	발암성 1A, 생식독성 1B	3	X
18	아크릴로니트릴	107-13-1	발암성 1B	1	X
19	스티렌	100-42-5	발암성 2	1	X
20	메틸알코올	67-56-1	생식독성 1B	1	X
21	망간 및 그 무기화합물	7439-96-5	생식독성 1B	0	X
22	아닐린과아닐린 동족체	62-53-3	발암성 2, 생식세포 변이원성 2	2	X
23	시클로헥사논	108-94-1	발암성 2	2	X
24	코발트 및 그 무기화합물	7440-48-4	발암성 2	0	X
25	디클로로메탄	75-09-2	발암성 2	1	X
26	트리클로로메탄(클로로포 름)	67-66-3	발암성 2	0	X

[표-4] 화재위험성 정도

수치	설명
4	대기압, 상온에서 연소하기 쉬운 물질 평상적인 대기환경에서도 즉시 혹은 완전히 증발하거나 공기와 잘 혼합되어 쉽게 타버리는 물질 인화점이 22.8℃보다 아래인 물질
3	일반의 온도 조건 하에서 용이하게 발화하는 물질 일반적인 대기환경에서 연소할 수 있는 액체/ 고체류 인화점이 22.8℃ 이상이고 37.8℃이하인 물질
2	비교적 높은 온도까지 가열하여 발화하는 물질 상대적으로 높은 대기온도거나 지속해서 가열해야 발화함 인화점이 37.8℃ 이상이고 93.3℃이하인 물질
1	예열하여야만 발화하는 물질 높은 온도로 가열해야 발화함 인화점이 93.3℃ 이상인 물질
0	타지 않는 물질

[표-5] 개념 설명 및 관련된 문헌의 소개

1. 직업병 감소

‘직업병 감소’는 화학물질의 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 26종의 화학물질을 취급하는 근로자들의 작업환경 및 작업여건의 개선을 통하여, 근로자들의 직업에 의해 발생할 수 있는 질병의 감소효과를 의미합니다.

직업병은 1) 근골격계질환, 소음성 난청, 복사열 등 물리적 원인, 2) 중금속 중독, 유기용제 중독, 진폐증 등 화학적 원인, 3) 세균 공기 오염 등 생물학적 원인, 4) 스트레스, 과로 등 정신적 원인으로 발생할 수 있습니다.

국소배기장치 설치 및 추가가동으로 인한 사업장의 화학물질 환기수준의 향상, 밀폐설비의 설치로 인한 사업장의 화학물질 누출 예방, 작업환경측정을 통해 발견된 문제점 개선 등 작업환경이나 작업여건의 개선이 직업병 감소에 기여할 것으로 예상됩니다.

2. 직업병 감소 시너지효과

‘직업병 감소 시너지효과’는 화학물질의 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 26종 이외의 화학물질을 취급하는 근로자들의 작업환경 및 작업여건의 개선을 통하여, 근로자들의 직업에 의해 발생할 수 있는 질병의 감소효과를 의미합니다.

이번 화학물질 관리수준 변경으로 해당 26종 화학물질의 관리수준뿐만 아니라 동 사업장에서 취급하는 26종 이외의 화학물질에 대한 관리수준도 함께 개선될 것으로 예상됩니다. 따라서 26종의 화학물질을 취급하는 사업장에서 26종 이외의 화학물질을 취급하는 근로자들에게도 직업병 감소효과가 있을 것으로 예상됩니다.

박정임·변혜정(2010), 실험실 근무자의 화학물질 노출과 건강 위험, 한국환경보건학회지 (구 한국환경위생학회지), 36(6), 441-455.

연구실험실에서는 다양한 종류의 화학물질을 동시에 사용하는 경우가 많다. 화학물질의 노출이 당장 그 자리에서 피해를 남기보다는 오랜 세월을 두고 누적되어 질병으로 나타나기 때문

에 화학물질 노출의 위험성을 직관적으로 알아차리기는 쉽지 않다. 그러나 연구실험실에서 주로 사용하는 화학물질에는 발암물질이나 생식독성물질, 돌연변이성 물질 등과 같은 실험실 근무자의 건강에 중장기적으로 치명적인 영향을 줄 수 있는 화학물질들이 포함되어 있다. (중략) 실험실 근무자, 특히 화학실험실 근무자들의 암 사망률이 일반 대중들에 비해 높았다거나 실험실 근무 경험이 있는 여성의 선천성 기형아 출산율이 다른 직업의 여성들보다 높았다는 등의 연구 결과들이 보고된 바 있다

이관 외(2004), 일부 지역 만성 신부전 환자들의 업무와 관련된 유해물질의 노출에 관한 연구, Korean J Occup Environ Med, 16(1), 25-36.

◎ 만성 신부전환자의 직업별 특성

□ 직업별 분포

한국표준직업분류에 의해 조사한 만성 신부전 환자들의 과거 직업별 분포는 주부가 41명(25.5%)으로 가장 많았고, 사무직 27명(16.7%), 농·어업 종사자 25명(15.4%), 제조업 21명(13.0%) 등의 순이었다(Table 4).

□ 업무상 노출 물질별 분포

업무상 노출되는 유해물질별 분포는 유해물질 사용의 경험이 있는 33명 중 파라쿼트 15건(45.5%), 유기용제 9건(27.3%), 주석 7건(21.2%), 납, 실리카 각각 6건(18.2%), 크롬 4건(12.1%) 등의 순이었고, 농약을 사용하였다고 응답한 사람이 많았으나 농약의 경우 1년에 1~2회로 사용 빈도가 낮았다.

□ 업무관련성 만성 신부전 환자들의 특성

본 연구에서 만성 신부전 환자들이 업무와 관련하여 유해물질에 노출된 경험이 있다고 응답한 사람은 33명(20.5%)이었다. (중략) ①번 환자는 전기 배전 업무에 9년간 종사하면서 구리와 납에 노출되었고, ②번 환자는 주물 제조 업무에 16년간 근무하면서 주로 주석과 유기용제에 노출되었다. ③번 환자는 금속 절단 업무에 20년간 종사하면서 주석에 노출된 경험이 있었고, ④번 환자는 자동차 정비 업무에 40년간 종사하면서 유기용제에 노출되었다. ⑤번 환자는 건설 설비 업무에 20년간 종사하면서 실리카에 노출되었고, ⑥번 환자는 간판 제조 업무에 8년간 종사하면서 주로 유기용제에 노출되었다.

(후략)

3. 2차 노출의 감소

'2차 노출의 감소'는 화학물질의 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 26종의 화학물질을 취급하는 근로자들의 가족 등 사업장 외부의 타인이, 신체 및 의류에 화학물질이 잔류한 상태의 근로자와 접촉함으로써 인해 화학물질에 노출되는 것을 예방함으로써, 화학물질의 간접적 노출로 인해 발생할 수 있는 인명피해, 기타 건강장해를 감소시키는 것을 의미합니다.

근로자가 화학물질에 노출되었을 때, 적절한 조치를 취하지 않고 신체 및 의류에 화학물질이 잔류한 상태에서 가족 등 사업장 외부의 타인과 근로자와 접촉하는 경우 화학물질의 간접적인 노출이 발생할 수 있습니다.

국소배기장치 설치 및 추가가동으로 인한 사업장의 화학물질 환기수준의 향상, 밀폐설비의 설치로 인한 사업장의 화학물질 누출 예방, 작업환경측정을 통해 발견된 문제점 개선 등 작업환경이나 작업여건의 개선이 근로자들의 신체 및 의류에 잔류하는 화학물질을 감소시키거나, 잔류로 인한 화학물질의 외부 유출을 예방하여, 2차 노출을 감소시킬 것으로 예상됩니다.

4. 2차 노출 시너지효과

‘2차 노출 시너지효과’는 화학물질의 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 26종 이외의 화학물질을 취급하는 근로자들로 인한 2차 노출의 발생을 예방함으로써, 2차 노출로 인해 근로자들의 가족 등 사업장 외부의 타인에게 발생할 수 있는 인명피해, 기타 건강장해를 감소시키는 것을 의미합니다.

이번 화학물질 관리수준 변경으로 해당 26종 화학물질의 관리수준뿐만 아니라 동 사업장에서 취급하는 26종 이외의 화학물질에 대한 관리수준도 함께 개선될 것으로 예상됩니다. 따라서 26종의 화학물질을 취급하는 사업장에서 26종 이외의 화학물질로 인한 2차 노출의 감소효과가 있을 것으로 예상됩니다.

안연순·김형렬(2009), 비직업적 근접 노출에 의한 석면폐증 집단발생 사례, 대한의사협회지, J Korean Med Assoc, 2009, 52.5: 472-481.

◎ 석면노출 형태

석면노출은 크게 5가지 유형으로 분류할 수 있다(27). ① 직업적 노출(occupational exposure): 석면광산 또는 공장 등에 종사하는 근로자의 석면노출 형태이다. ② 준직업적 가정적 노출(para-occupational domestic exposure): 석면 취급 근로자의 옷에 붙은 석면분진에 근로자의 가족이 노출되는 경우로 상당히 고농도 노출을 일으킬 수 있다. ③ 준직업적/근접 노출(para-occupational/neighborhood exposure): 석면광산 또는 공장으로부터 수 km떨어진 곳에 거주함으로써 석면에 노출되는 경우이다. ④ 준직업적/거시적 환경노출(para-occupational/macroenvironmental exposure): 석면에 노출되지 않는 일반 인구집단에서 백만명 당 1명의 중피종이 발생한다. 그러나 석면공장이나 석면광산이 있는 국가들에서 일반 환경노출(macro-environmental exposure)에 의해 중피종이 증가한다는 증거는 없다. ⑤ 비직업적, 가정적 노출(Non-occupational, domestic exposure): 직업적으로 직간접 노출이 없고, 가정에서 사용되는 석면에 노출되는 경우로 석면이 함유된 벽으로부터 지속적으로 분진이 발생하는 경우와 석면함유 물질의 처리 등에 의해 노출될 수 있다.

5. 화재, 폭발, 누출 등 사고의 감소

‘화재, 폭발, 누출 등 사고의 감소’는 화학물질의 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 26종의 화학물질로 인해 발생할 수 있는 화재, 폭발, 누출 등 사고를 예방함으로써, 화학물질 사고로 인한 사업장 내 인명 피해, 재산 피해 및 사업장 주변 환경오염 등의 감소 효과를 의미합니다.

화학물질 사고는 화재, 폭발, 누출, 질식 등의 단일 유형뿐만 아니라 화재+폭발, 폭발+누출, 화재+폭발+누출 등 다양한 유형이 복합적으로 발생하는 측면이 있습니다. 2000년에서 2008년까지의 통계에 의하면 화학물질 사고 유형의 85%가 화재, 폭발, 누출인 것으로 나타났습니다.

밀폐설비의 설치로 인한 사업장의 화학물질 누출 예방, 작업환경측정을 통해 발견된 문제점 개선 등 작업환경이나 작업여건의 개선이 화재, 폭발, 누출 등 사고를 감소시키거나 예방할 것으로 예상됩니다.

6. 화재, 폭발, 누출 등 사고 시너지 효과

‘화재, 폭발, 누출 등 사고 시너지 효과’는 화학물질의 관리수준 변경으로 해당 사업장에서 26종 이외의 화학물질로 인한 화재, 폭발, 누출 등 사고를 예방함으로써, 화학물질 사고로 인한 사업장 내 인명 피해, 재산 피해 및 사업장 주변 환경오염 등의 감소 효과를 의미합니다.

이번 화학물질 관리수준 변경으로 해당 26종 화학물질의 관리수준뿐만 아니라 동 사업장에서 취급하는 26종 이외의 화학물질에 대한 관리수준도 함께 개선될 것으로 예상됩니다. 따라서 26종의 화학물

질을 취급하는 사업장에서 26종 이외의 화학물질로 인한 화재, 폭발, 누출 등 사고의 감소효과가 있을 것으로 예상됩니다.

정경삼·백은선(2014), 유해화학물질 취급작업장의 안전관리 개선에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문지, 26(1), 12-19.

◎ 안전관리 측면

□ 사고원인별 분석에 따른 문제점

환경부, 고용노동부, 소방방재청, 여주시청, 인제대학교의 사고사례 자료를 분석한 '00년부터 '06년까지의 국내에서 발생한 화학물질 사고는 총 311건이었다. Figure 2는 화학물질 사고 원인으로 화학물질 취급부주의, 기계의 오조작, 작업절차 미준수, 안전의식 미흡 등의 안전관리 미흡이 57%, 정전기·스파크로 인한 사고 21%, 자연발화 2%, 기타 9%를 차지하였다. (중략) 시설에 따른 사고 발생현황을 살펴보면 저장탱크, 제조공정 등에서 발생한 고정시설 사고가 81%, 이동시설사고는 19%로 나타나 고정시설에 대한 집중관리와 안전관리교육 강화가 필요하다(7).

□ 취급사업장 특별점검 문제점

2013년 3.19~5.31까지 총리실, 환경부, 고용노동부, 산업통상자원부, 소방방재청, 전문기관 등이 합동 추진한 유해화학물질 취급사업장(3,846개소)에 대한 전수조사가 이루어졌다. Table 7은 전수조사 결과로 시설 노후화나 배관연결 상태, 전기설비의 폭발 방지시설 구비 여부 등 화학사고 위험 항목에 대해 취약한 사항이 1건 이상 발견된 업체가 전체 조사업체의 42%에 이르는 등 유독물 취급현장의 화학사고 취약성이 확인됐다(4). 또한 취급시설의 관리실태와 사고 취약원인조사, 개선사항 등을 점검하였으며, 안전관리 문제 및 도급제도 부작용, 신고의무 불이행 및 안전관련 규제 미흡, 시설 노후화 및 경영자 관심 부족 등의 문제점이 나타났다(1).

이정임 외(2012), 제 2의 불산사고 사전관리가 해법이다, 이슈 & 진단, (72), 1-25.

◎ 되풀이되는 유해화학물질 사고

□ 화학물질 사고 연평균 60건, 유독물 사고는 연평균 12건

○ 화학물질과 관련된 사고는 '01년 26건, '03년 42건, '06년 70건으로 매년 사고발생 건수가 증가하는 양상

○ '00년부터 '06년까지 발생한 총 311건의 화학물질 사고 중 환경부가 관리해야 하는 유독물 및 사고대비물질에 의한 사고는 96건으로 전체사고의 약 31%를 차지(13)

○ 1996년 이후 화학물질과 관련된 사고는 매년 60여건 정도 발생. 그 중 유독물에 의한 사고는 연평균 12건 발생. 2010년 총 15건의 유독물 사고 중 운반차량사고가 9건, 사업장내 유출 5건, 폭발 등에 의한 유출 1건임(14)

□ 사고 발생원인은 안전관리 미흡 57%, 고정시설 사고 81%

○ 유해화학물질 사고의 주요 원인은 안전관리미흡(57%), 정전기·스파크(21%), 운전자 부주의(11%)로 나타남

○ 저장탱크, 제조공정 등에서 발생한 고정시설 사고가 81%(약 257건), 이동시설사고는 19%로 나타나 고정시설에 대한 집중관리와 안전관리교육 및 홍보 강화가 필요

□ 지역별로는 경기 53건, 화학물질은 톨루엔이 18건으로 가장 많이 발생

○ 경기 53건, 울산 49건, 전남 48건의 순으로 사고발생건수가 많음. 이들 사고다발지역은 대

규모 화학공단이 위치하거나 화학물질을 취급하는 사업장이 많은 지역으로 화학물질 취급량이 많을수록 사고발생빈도도 높음

○ 사고원인이 된 화학물질은 톨루엔이 18건으로 가장 많았고, 염산과 유사휘발유 15건, 황산과 시너 12건의 순으로 전체 화학물질 사고건수의 약 36%를 차지. 톨루엔, 염산 및 유사휘발유 등 사고 발생 빈도가 높은 화학물질군을 선정하여 집중 관리가 필요

<첨부2> 규제 의 편익 평가 및 측정을 위한 설문지

-텔파이 2회 설문-

분류:

ID

안녕하십니까?

최근 안전보건공단 화학물질평가 실무위원회에서는 산업안전보건법령에서 정하고 있는 관리대상 유해인자 및 작업환경측정 대상 유해인자를 대상으로 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있거나 급성중독 발생위험이 있는 26종 화학물질을 선정하였습니다. 그리고 해당 화학물질들을 허용기준 설정 대상 유해인자로 추가 지정하는 것을 검토하고 있습니다. 선정된 26종의 화학물질은 현재의 노출기준 설정 대상 유해인자에서 허용기준 설정 대상 유해인자로 관리수준이 변경될 예정입니다. 26종의 화학물질은 다음의 [표-1]과 같습니다.

[표-1] 26종 화학물질 분류표

현재 관리기준	물질명	
노출기준 설정물질	1,2-디클로로프로판	
관리대상 유해물질	삼수산화비소 암모니아 메틸렌 디페닐 디이소시아네이트 염소 브롬화 메틸 수산화나트륨 톨루엔 일산화탄소 니켈카보닐	스티렌 메틸 알코올 망간 및 그 무기화합물 아닐린과 아닐린 동족체 시클로헥사논 코발트 및 그 무기화합물 디클로로메탄 트리클로로메탄
특별 관리 물질	산화에틸렌 황산 1,3-부타디엔	수은 아크릴로니트릴
허가대상 물질	염화비닐 휘발성콜타르피치	베릴륨 및 그 화합물

이에 화학물질과 관련된 산업안전보건분야의 전문가이신 선생님께 이들 물질이 허용기

준 설정 대상 유해인자로 선정될 경우 예상되는 경제사회적 편익을 여쭙고자 합니다. 응답해주신 내용이 향후 사업장에서 발생할 수 있는 사고 및 질병 예방을 위한 정책 수립을 위한 중요한 정책 자료로 반영될 수 있도록 조사에 협조해 주실 것을 간곡히 부탁드립니다.

귀하에게 지속적인 발전과 성장이 있으시길 바라며 다시 한 번 감사드립니다.

2017년 9월

고용노동부 · 연세대학교

※ 본 조사의 결과는 통계법 제33조에 의거하여 비밀이 보장되며, 설문에 대한 모든 응답과 개인적인 사항은 철저히 무기명으로 처리되고, 통계분석의 목적 이외에는 절대 사용되지 않습니다.

연구책임자: 김태윤

연구담당자: 양수임

※ 설문파일에 답을 기입하신 파일의 이름을 “델파이2차_****(존함)”으로 변경하신 후에 연구담당자 양수임 연구원에게 이메일로 회신해주시기 부탁드립니다.

질문1. 다음의 표는 사업장의 추가적인 노력정도에 대한 델파이 1회 설문결과를 종합한 값입니다.

	사업장의 추가적인 노력 증가 정도	
평균값	24	% 증가
중앙값	20	% 증가
최소값	1	% 증가
최대값	50	% 증가

표의 결과를 참고하여 델파이 1회 설문시의 응답을 정정하실 의향이 있으신 경우 수정 값과 의견을 적어주시기 바랍니다. 정정하실 의향이 없으신 경우 공란으로 남겨주시기 바랍니다.

사업장의 추가적인 노력정도	
현재의 노력에 비해	% 증가

질문2. 다음의 표는 8가지 항목의 경제사회적인 편익의 델파이 1회 설문결과를 종합한 값입니다.
각 화학물질별 수치는 평균값을 제시하였습니다.

편익 항목 화학물질		직업병 감소	직업병 감소 시너지 효과	2차 노출 감소	2차 노출 시너지 효과	화재, 폭발, 누출 등 사고 감소	화재, 폭발, 누출 등 사고 시너지효과
26종 모든 화학물질 (감소율)	평균값	27%	32%	23%	26%	19%	23%
	중앙값	20%	30%	15%	10%	10%	10%
	최소값	1%	2%	1%	2%	1%	1%
	최대값	80%	80%	80%	90%	70%	75%
노출기준설정물질(1종) *노출기준설정물질은 산업안전보건법 상 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있지 않습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치 등의 추가적인 조치를 취하게 될 것으로 예상됩니다.							
1,2-디클로로프로판		3.7	3.3	2.8	2.7	2.7	2.5
관리대상유해물질(17종) *관리대상유해물질은 산업안전보건법 상 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있습니다. 다만 사업장에 따라서는 면제 및 특례를 적용받는 사업장도 있습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 기존에 설치되어있던 국소배기 장치 및 밀폐설비의 가동시간 증가, 효율증가 등의 추가적인 조치를 모색할 것으로 예상됩니다.							
삼수소화비소		3.0	2.9	2.3	2.2	2.7	2.7
암모니아		2.7	2.4	2.3	2.1	3.2	3.1
메틸렌 디페닐 디이소시아네이트		3.3	3.1	2.8	2.5	2.1	2.0
염소		3.1	2.8	2.8	2.5	2.8	2.7
브롬화 메틸		3.1	2.9	2.3	2.3	2.8	2.6
수산화나트륨		2.7	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1
톨루엔		3.3	3.3	2.8	2.7	2.8	2.8
일산화탄소		2.7	2.5	2.1	2.0	2.7	2.5
니켈카보닐		3.1	2.9	2.4	2.3	2.3	2.3
스티렌		3.4	3.1	2.6	2.4	2.3	2.3
메틸 알코올		3.7	3.3	2.5	2.4	2.5	2.5

편의 항목 화확물질	직업병 감소	사업장 직업병 시너지 효과	2차 노출 감소	2차 노출관련 시너지 효과	일반 산업재해, 폭발, 누출 감소	일반 산업재해, 폭발, 누출 시너지 효과
망간 및 그 무기화합물	3.2	2.9	2.7	2.4	1.8	1.8
아닐린과 아닐린 동족체	3.2	3.0	2.6	2.5	2.3	2.1
시클로헥사논	3.1	3.1	2.6	2.5	2.6	2.2
코발트 및 그 무기화합물	2.9	2.7	2.3	2.2	2.1	1.9
디클로로메탄	3.4	3.3	2.7	2.4	2.5	2.6
트리클로로메탄	3.2	2.9	2.4	2.3	2.3	2.2
특별관리물질(5종) *특별관리물질은 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있습니다. 특별관리대상물질의 경우 관리대상물질과는 달리 특레나 면제가 없습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 기존에 설치되어있던 국소배기 장치 및 밀폐설비의 가동시간 증가, 효율증가 등의 추가적인 조치를 모색할 것으로 예상됩니다.						
산화에틸렌	3.7	3.5	2.9	2.8	2.8	2.7
황산	3.3	3.3	2.8	2.6	2.8	2.7
1,3-부타디엔	3.5	3.3	2.8	2.7	3.1	3.0
수은	3.2	3.1	2.8	2.6	2.0	1.9
아크릴로니트릴	3.3	3.2	2.7	2.6	2.3	2.3
허가대상물질(3종) *허가대상물질은 국소배기장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 기존에 설치되어있던 국소배기 장치 및 밀폐설비의 가동시간 증가, 효율증가 등의 추가적인 조치를 모색할 것으로 예상됩니다.						
염화비닐	3.3	3.3	2.9	2.7	2.8	2.8
휘발성콜타르피치	3.3	3.2	3.0	2.7	2.1	2.0
베릴륨 및 그 화합물	3.2	3.1	2.7	2.6	2.3	2.1

표의 결과를 참고하여 델파이 1회 설문시의 응답을 정정하실 의향이 있으신 경우, 수정 값을 적어 주시기 바랍니다. 정정하실 의향이 없으신 경우 공란으로 남겨주시기 바랍니다.

* '26종 모든 화학물질'의 경우는 26종 모든 화학물질로 인한 추정감소율을 숫자로 기입하여 주십시오.

편의 항목 화학물질	직업병 감소	직업병 감소 시너지 효과	2차 노출 감소	2차 노출 시너지 효과	화재, 폭발, 누출 등 사고 감소	화재, 폭발, 누출 등 사고 시너지 효과
26종 모든 화학물질 (감소율)	%	%	%	%	%	%

* 이하 각각의 화학물질의 경우는 이번 조치가 여타의 25종의 화학물질에 비하여 해당 화학물질로 인한 효과가 상대적으로 '매우 높다(5)', '높다(4)', '보통이다(3)', '특별히 높지 않다(2)', '미미하다(1)'로 1에서 5까지의 척도점수로 기입하여 주십시오.

편의 항목 화학물질	직업병 감소	직업병 감소 시너지 효과	2차 노출 감소	2차 노출 시너지 효과	화재, 폭발, 누출 등 사고 감소	화재, 폭발, 누출 등 사고 시너지 효과
노출기준설정물질(1종)						
*노출기준설정물질은 산업안전보건법 상 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있지 않습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치 등의 추가적인 조치를 취하게 될 것으로 예상됩니다.						
1,2-디클로로프로판						
관리대상유해물질(17종)						
*관리대상유해물질은 산업안전보건법 상 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있습니다. 다만 사업장에 따라서는 면제 및 특례를 적용받는 사업장도 있습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 기존에 설치되어있던 국소배기 장치 및 밀폐설비의 가동시간 증가, 효율증가 등의 추가적인 조치를 모색할 것으로 예상됩니다.						
삼수소화비소						
암모니아						
메틸렌 디페닐 디이 소시아네이트						
염소						
브롬화 메틸						
수산화나트륨						
톨루엔						
일산화탄소						

편의 항목 화확물질	직업병 감소	직업병 감소 시너지 효과	2차 노출 감소	2차 노출 시너지 효과	화재, 폭발, 누출 등 사고 감소	화재, 폭발, 누출 등 사고 시너지 효과
니켈카보닐						
스티렌						
메틸 알코올						
망간 및 그 무기화합물						
아닐린과 아닐린 동족체						
시클로헥사논						
코발트 및 그 무기화합물						
디클로로메탄						
트리클로로메탄						
특별관리물질(5종)						
*특별관리물질은 국소배기 장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있습니다. 특별관리대상물질의 경우 관리대상물질과는 달리 특레나 면제가 없습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 기존에 설치되어있던 국소배기 장치 및 밀폐설비의 가동시간 증가, 효율증가 등의 추가적인 조치를 모색할 것으로 예상됩니다.						
산화에틸렌						
황산						
1,3-부타디엔						
수은						
아크릴로니트릴						
허가대상물질(3종)						
*허가대상물질은 국소배기장치 및 밀폐설비의 설치가 의무화 되어있습니다. *허용기준설정물질로 지정될 경우 해당 물질을 취급하는 사업장들은 기존에 설치되어있던 국소배기 장치 및 밀폐설비의 가동시간 증가, 효율증가 등의 추가적인 조치를 모색할 것으로 예상됩니다.						
염화비닐						
휘발성콜타르피치						
베릴륨 및 그 화합물						

작 성 일 자	2017년 9월 29 일	코딩원 확인	
---------	---------------	--------	--

바쁘신 가운데 설문에 응해주셔서 대단히 감사드립니다.

〈〈연 구 진〉〉

연 구 기 관 : 연세대학교 산학협력단

연구책임자 : 김 치 년 (교수, 보건학박사, 연세대학교)

연 구 원 : 김 태 윤 (교수, 정책학박사, 한양대학교)

노 영 만 (교수, 보건학박사, 송현캠컨설팅)

김 기 연 (교수, 공학박사, 부산가톨릭대학교)

연구상대역 : 홍 문 기 (연구위원, 화학물질센터)

〈〈연 구 기 간〉〉

2017. 04. 14 ~ 2017. 10. 31

본 연구는 산업안전보건연구원의 2017년도 위탁연구
용역사업에 의한 것임

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견
해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음
을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한
유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구**
(2017-연구원-893)

-
- 발 행 일 : 2017년 10월 31일
 - 발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김 장 호
 - 연구책임자 : 연세대학교 산업보건연구소 교수 김 치 년
 - 발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원
 - 주 소 : (305-380) 울산광역시 중구 종가로 400
 - 전 화 : 042-869-0312
 - F A X : 042-863-9003
 - Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
-