

최종보고서

산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침 개발

신영철·김정수·이규명

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침 개발”의 최종 보고서로 제출합니다.

2023년 10월 31일

연구진

연구기관 : 대진대학교 산학협력단

연구책임자 : 신영철 (교수, 대진대학교)

연구원 : 김정수 (소장, 환경안전건강연구소)

연구원 : 이규명 (회원, 한국환경경제학회)

요약문

- 연구기간 2023년 5월 ~ 2023년 10월
- 핵심단어 화학물질 관리, 사회경제성 분석 지침, 비용편익분석
- 연구과제명 산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침 개발

1. 연구배경 및 목적

○ 연구의 배경

- 국내외 동향과 사회후생적 근거를 반영하여 산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반을 구축하기 위해 선행연구를 수행하였음
- 산업안전보건법의 화학물질을 체계적으로 관리하기 위한 기반을 구축하기 위해서는 선행연구(신영철 등(2021, 2022))에서 도출된 연구 결과 및 국내외 최근 동향을 반영한 사회경제성 분석 지침의 개발이 필요함

○ 연구의 목적

- 최근의 국내외 동향 및 사회후생적 근거를 반영한 산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침(안)을 개발하고자 함

2. 주요 연구내용

○ 국내외 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침 검토 및 시사점 도출

- 산업안전보건법 화학물질 관리 관련 사회경제성 분석 지침과 최근 보고서 사례 및 국내외 동향을 검토한 결과, 사회후생적 관점에서 편익과 비용이 정의되고 측정될 필요가 있다는 시사점을 도출함
- 산업안전보건법 화학물질 관리는 작업장 환경이란 특성을 고려한 근로자의 건강 영향을 중심으로 건강 편익을 평가할 필요가 있으며, 이를 위해 근로자의 통계적생명가치(VSL) 및 산업재해 급여 정보를 활용한 건강 편익 산정 결과를 활용하였으면 함
- 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회적 비용은 산업계의 준수비용을 정확히 계량하기 위해 주요 설치 시설 비용 및 운영비용의 최근 정보를 반영할 필요가 있으며, 그 외 정부규제비용, 사회적 후생손실비용, 이전비용 등의 직접비용과 간접비용의 발생 여부 및 정도를 평가할 필요 있음

○ 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 주요 내용 정리

- 산업안전보건법 화학물질의 관리에 의한 주요 편익 산정 절차 및 예시에서는 우선, 선행연구(신영철 등(2021, 2022))에서 도출한 근로자의 사망 위험 감소의 편익 산정에 필요한 근로자의 통계적생명가치(VSL), 질병 감소의 사회경제적 편익, 작업장 환경에서 발생하는 산업재해 급여 분석에 근거한 건강 편익을 우선 순위를 고려하여 평가하도록 내용을 정리함. 또 다른 건강 지표인 장애보정생존년수(DALY) 및 질보정생존년수(QALY)를 소개하고, 기존 연구에서 제시된 장애보정생존년수(DALY) 및 질보정생존

년수(QALY)의 경제적 가치도 정리함. 관련된 주요 편익의 산정 절차에는 발암성 화학물질 및 비발암성 화학물질의 산정 예시를 통하여, 주요 편익의 산정 과정을 이해할 수 있도록 정리함

- 산업안전보건법 화학물질 관리의 주요 비용 산정 절차 및 예시에서는 사회적 비용중 산업계의 준수비용을 시설 설치 및 운영 비용으로 구분하여 우선적으로 평가하고, 그 외 정부 규제비용, 사회적 후생손실비용, 이전비용 등의 직접비용과 간접비용도 발생 여부 및 정도를 파악하도록 함. 관련된 주요 비용의 산정 절차에는 준수비용을 산정하기 위해 정보를 수집하고 분석하는 절차를 예시를 통해 소개하였으며, 그 외의 비용 항목이 측정될 필요가 있다고 판단되는 경우 적용할 수 있는 산정 방법 및 절차를 정리함
- 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 종합방법 및 예시에서 일반적으로 이용되는 비용편익분석(CBA) 방법을 예시를 통해 설명하고, 그 외 종합방법으로 고려될 수 있는 비용효과분석법(CEA) 및 다기준분석법(MCA)도 소개함

○ 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안) 제시

- 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침(안)을 국내외 기존 지침 및 최근 동향을 반영하고, 선행연구에서의 도출한 결과를 활용한 주요 편익 및 주요 비용의 산정 절차를 정리함. 또한, 주요 편익 및 비용과 사회경제성 분석의 종합방법을 부록에 예시를 통하여 절차를 소개하여, 지침(안)의 이해도 및 활용도를 제고하고자 하였음

3. 연구 활용방안

○ 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석에 활용

- 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석에서 지침(안)에 제시된 주요 편익 및 주요 비용을 산정하고, 사회경제성 분석의 종합방법을 일관성있는 분석에 활용할 수 있음

○ 근로자의 건강 관련 정책의 평가에 활용

- 이 연구에서 정리한 근로자의 건강 편익 즉, 근로자의 통계적생명가치(VSL) 및 산업재해 급여 분석에 의한 편익 산정 등은 근로자의 건강 관련 정책의 비용편익분석에도 이용할 수 있음

○ 산업계의 준수비용을 포함한 사회적 비용 평가에 활용

- 이 연구에서 정리한 특정 규제의 사회적 비용 중 산업계의 준수비용 및 그 외 직접비용(정부규제비용, 사회적 후생손실비용, 이전비용)과 간접비용의 산정 절차는 유사한 정책 및 규제의 분석에도 활용할 수 있음

4. 연락처

- 연구책임자 : 대진대학교 교수 신영철
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 화학물질평가1부 과장 이도희
 - ☎ 042) 869. 0358
 - E-mail: iamdohee24@kosha.or.kr

목 차

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 필요성	3
2. 연구의 목적	4
II. 연구내용 및 방법	7
1. 연구내용	9
1) 선행연구와의 차별성	9
2) 연구의 주요 내용	11
2. 연구 방법	14
1) 문헌 및 관련 자료 연구	14
2) 화학물질 규제의 사회경제성 분석 사례 연구	15
3) 전문가 자문 의견 반영	16
3. 추진체계	16
III. 연구 결과	19

목 차

1. 국내외 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침 검토 및 시사점 도출	21
1) 산업안전보건법 화학물질의 기존 사회경제성 분석 방법 검토	21
2) 산업안전보건법 화학물질 규제의 사회경제성 분석 사례 검토	29
3) 국내외 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침의 검토	37
4) 산업안전보건법 화학물질의 사회경제성 분석 지침 개발 관련 시사점	41
2. 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 주요 내용	43
1) 주요 편익 산정 절차 및 예시	43
2) 주요 비용 산정 절차 및 예시	104
3) 사회경제성 분석의 종합방법 및 예시	143
3. 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안)	165
1) 사회경제성 분석 지침(안)의 용어사전	165
1) 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침(안)	170
2) 향후 지침(안) 개선을 위한 향후 연구 방향 및 과제 제시	189
IV. 결론	191

참고문헌	196
Abstracts	201
부록	203

표 목차

〈표 II-1〉 기존 선행 연구와 본 연구의 차별성	11
〈표 II-2〉 연구의 주요 내용	13
〈표 III-1〉 규제영향 분석결과의 핵심 내용	23
〈표 III-2〉 사회경제성평가 단계에서 추가로 고려해야할 점	25
〈표 III-3〉 「화학물질 유해성·위해성 평가 지침」의 사회경제성 분석 부문 검토	27
〈표 III-4〉 사회경제성 분석 사례 : 최상준 등(2021)	31
〈표 III-5〉 사회경제성 분석 사례 : 김승원 등(2022)	35
〈표 III-6〉 국내외 화학물질의 사회경제성 분석 지침 등의 검토	39
〈표 III-7〉 건강 영향 및 환경 영향(예)	44
〈표 III-8〉 편익 추정법 접근법	45
〈표 III-9〉 컨조인트 분석(선택실험법)의 선택대안 예시	52
〈표 III-10〉 국내 연구 결과의 편익이전 방식	56
〈표 III-11〉 국가간 연구 결과의 편익이전 방식	56
〈표 III-12〉 2015~2019년 근로자의 통계적생명가치(VSL)	63
〈표 III-13〉 2019년 근로자의 사망 및 사망특성별 통계적생명가치(VSL)	63
〈표 III-14〉 2019년 근로자의 VLS 대비 사망특성별 VSL의 배율	64
〈표 III-15〉 2012~2019년 질병사망 및 사고사망 관련 통계적생명가치(VSL) 산정	64
〈표 III-16〉 연구에 이용하는 비용항목별 세부 변수 및 자료원	67

〈표 III-17〉 20대 대분류 질병의 사회경제적 비용(2020년 기준 환산, 천원)	69
〈표 III-18〉 산업재해 급여종류별 연도별 현황	73
〈표 III-19〉 소비자물가지수 및 2020년 기준 산정을 위한 조정계수	73
〈표 III-20〉 산업재해의 1인당 사망 산재급여액 및 사망 제외 산재 급여액	75
〈표 III-21〉 산업재해 급여액을 이용한 산업재해 총비용 산정	76
〈표 III-22〉 질병의 사회경제적 비용(2020년 기준, 백만원)	77
〈표 III-23〉 질병의 사회경제적 비용 대비 산업재해 급여 산정 비용의 비교	78
〈표 III-24〉 질병의 사회경제적 비용을 반영한 산업재해 총비용의 재산정	78
〈표 III-25〉 과거 총장애평정생존년수(DALY)와 국민의료비 추이	84
〈표 III-26〉 국내 통계적생명가치(VSL)의 주요 연구	85
〈표 III-27〉 QALY의 연간 가치와 QALD(quality adjusted life days)의 평균 가치	86
〈표 III-28〉 벤젠을 용제로 이용하는 근로자수 및 노출농도(예시)	91
〈표 III-29〉 비선형 용량 - 반응 관계에 근거한 발암 위험도 AGS(2012)	91
〈표 III-30〉 페인트의 용제 벤젠에 대한 규제에 의한 발암발생률 감소 산정	92

표 목차

〈표 Ⅲ-31〉 페인트의 용제 벤젠에 대한 규제에 의한 조기사망자 감소 산정	93
〈표 Ⅲ-32〉 2015~2019년 근로자의 통계적생명가치(VSL)	93
〈표 Ⅲ-33〉 페인트의 용제 벤젠에 대한 규제에 의한 연간 근로자의 건강 편익	94
〈표 Ⅲ-34〉 여성계산원 수 산정(예시)	95
〈표 Ⅲ-35〉 BPA 포함 감열지 노출 계산원수 산정(예시)	96
〈표 Ⅲ-36〉 총인구 중 가임여성의 비율 산정	97
〈표 Ⅲ-37〉 최근 3년 동안의 평균 출생자수	97
〈표 Ⅲ-38〉 평균 출산율 산정	97
〈표 Ⅲ-39〉 BPA 포함 감열지에 의한 여성 계산원의 질병별 영향태아수 산정	98
〈표 Ⅲ-40〉 최근 3년 동안의 출생아 여성 비율 산정	99
〈표 Ⅲ-41〉 BPA 감열지 규제에 의한 여성 계산원 태아의 자궁내막증 발생 감소	99
〈표 Ⅲ-42〉 BPA 감열지 규제에 의한 자궁내막증 발생 감소 편익	99
〈표 Ⅲ-43〉 여성 계산원 태아의 체중증가/콜레스테롤 발생자 감소자 수 산정	101
〈표 Ⅲ-44〉 BPA 포함 감열지 규제에 의한 체중증가/콜레스테롤 발생 감소 편익	101
〈표 Ⅲ-45〉 BPA 포함 감열지 규제에 의한 유방암 발생 감소 편익 ..	102

〈표 Ⅲ-46〉 BPA 포함 감열지 규제에 의한 여성 계산원 관련 건강 편익	103
〈표 Ⅲ-47〉 화학물질의 규제에 따른 비용 유형	107
〈표 Ⅲ-48〉 화학물질의 규제에 따른 비용 추정방법	110
〈표 Ⅲ-49〉 화학물질 관리 수준 변화에 따른 사업체의 준수비용 항목	118
〈표 Ⅲ-50〉 규제비용 측정 결과	120
〈표 Ⅲ-51〉 설문조사에 의한 신압계 준수비용의 산정 과정	122
〈표 Ⅲ-52〉 2019년 『작업환경실태조사』의 대상 사업장 현황	123
〈표 Ⅲ-53〉 『작업환경실태조사』의 조사항목	124
〈표 Ⅲ-54〉 전체 공급망의 비용 산정 절차 예시	139
〈표 Ⅲ-55〉 감열지 제조 기업의 BPA 사용 현황(예시)	141
〈표 Ⅲ-56〉 국내 BPA 판매업체 손실액(예시)	142
〈표 Ⅲ-57〉 국내 감열지 생산에 BPA 사용 제한의 비용 산정(예시) ...	142
〈표 Ⅲ-58〉 비용편익분석 기법의 비교	145
〈표 Ⅲ-59〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연도별 편익 및 비용(백만원)	146
〈표 Ⅲ-60〉 비용편익분석 결과	147
〈표 Ⅲ-61〉 각 항목간의 쌍대 비교를 위한 행렬의 예	155
〈표 Ⅲ-62〉 두 요소의 쌍대 비교 척도	155
〈표 Ⅲ-63〉 Consistency Index의 평균값	158
〈표 Ⅶ-64〉 각 항목별 가중치 산정결과(예시)	161

표 목차

〈표 VII-65〉 AHP 평가 결과(예시)	161
〈표 VII-66〉 평가자별 의견일치도와 AHP 평점에 따른 결론	164
〈표 III-67〉 사회경제성 분석 지침(안)의 용어사전	165
〈표 III-68〉 산업안전보건법의 화학물질 분류 및 관리내용	171
〈표 III-69〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 단계 ...	172
〈표 III-70〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 1 단계	173
〈표 III-71〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 2 단계	174
〈표 III-72〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 3 단계	177
〈표 III-73〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 4 단계	180
〈표 III-74〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 5 단계	183
〈표 III-75〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 6 단계	186
〈표 III-76〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 7 단계	187
〈부표 I-1〉 A 화학물질의 농도별 연간 초과 발암 위험도(예시)	206
〈부표 I-2〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연간 초과 발암 위험성 감소분	207
〈부표 I-3〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연간 조기사망자 감소자 수	207
〈부표 I-4〉 근로자의 통계적생명가치(VSL)	207
〈부표 I-5〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연간 편익	208
〈부표 I-6〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연도별 편익(백만원)	208

〈부표 I -7〉 사업장의 국소배기장치 설치비용 및 운영비용	210
〈부표 I -8〉 사업장의 준수비용	210
〈부표 I -9〉 산업계의 준수비용	211
〈부표 I -10〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연도별 비용(백만원)	211
〈부표 I -11〉 비용편익분석 결과	212
〈부표 I -12〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연도별 편익 및 비용(백만원)	213
〈부표 I -13〉 비용편익분석의 민감도 분석 결과	214
〈부표 I -14〉 A 화학물질의 관리수준 변화에 대한 사회경제성 분석 요약	215
〈부표 II -1〉 298개 중분류 질병군의 1인당 사회경제적 비용	217

그림목차

[그림 II-1] 연구의 추진체계	17
[그림 III-1] 화학물질 배출의 건강영향 경로	44
[그림 III-2] 통계적인간생명가치의 의미	59
[그림 III-3] 근로자의 사망 특성별 통계적생명가치(VSL)	65
[그림 III-4] 20대 질병의 사회경제적 비용(2020년 기준, 천원)	70
[그림 III-5] 산업재해 급여에 의한 사망 및 사망 제외 재해의 손실비용	76
[그림 III-6] 질환의 사회경제적 비용을 반영한 산업재해 급여에 의한 손실비용	
[그림 III-7] 발암물질에 의한 소비자 노출과 관련된 건강영향의 정량화 예시	90
[그림 III-8] 환경부의 화학물질 종합정보시스템 화면	125
[그림 III-9] 산업계의 생산비용 증가의 부담 전가	127
[그림 III-10] 준수비용 산정의 절차	138
[그림 III-11] 산업안전보건법상 화학물질 분류 및 관리체계	170

I. 서론

.....

I. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

기술과 산업의 발전은 산업계의 화학물질의 사용량을 증가시켜 왔다. 산업계의 화학물질 사용량 증가는 과거에 누리지 못했던 편의를 제공하는 역할을 해 왔지만, 다른 한편으로 근로자의 건강과 안전에 영향을 미치고 나아가 시민 및 환경에 부작용을 발생시키고 있다. 화학물질의 종수와 사용량이 급격하게 증가하고 있지만, 이 수많은 화학물질 중 최소한의 유해성 정보가 있다고 판단되는 화학물질도 15% 정도에 불과하다고 한다.

이와 같은 상황 및 여건을 반영하여 화학물질 관리체계의 틀을 바꾼 유럽연합(European Union, EU)의 REACH(Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals)은 화학물질로 인한 부작용 및 우려를 회피 또는 최소화할 수 있는 전환으로 평가되고 있다. 이 제도는 새로운 화학물질의 제조 및 수입에 대한 유해성 정보 생성과 등록의 필요성을 새로운 화학물질에서 기존 화학물질까지 확장하여 실행하였다. 또한, 원료, 혼합물질, 완제품에 포함된 화학물질에 대한 제조와 사용과 관련하여, 제조자와 수입자, 하위 사용자가 해당 물질이 인간과 환경에 부정적인 영향을 주지 않음을 입증해야 하는 원칙에 따라 이를 시행하고 있다.

이러한 EU REACH의 원칙은 화학물질의 유해성 및 위험성 평가를 근거로 하여 화학물질의 사용 허가 또는 제한, 금지 등을 결정하고자 하면, 이 결정을 위해 평가대상 화학물질의 관리 수준과 관련된 사회경제성 분석(Socio-Economic Analysis, SEA)을 화학물질의 유해성 및 위험성(위해성) 평가와 동시에 진행한다. 이와 같은 동시 진행에서 화학물질의 유해성 및 위험성 평가와 사회경제성 분석이 상호 의견을 교환하는 과정을 통해 최종 결정

에 이르도록 하고 있다.

산업안전보건법의 화학물질 관리는 작업장의 환경에서 근로자의 건강 및 안전과 직접적으로 연결되기 때문에, EU REACH의 원칙과 절차 등을 검토하여 유사한 방식으로 관리할 필요가 있다. 즉, 산업안전보건법 화학물질의 관리수준 결정은 작업장에서의 화학물질의 유해성 및 위험성(위해성)의 평가에 기초하고, 작업장에서 해당 화학물질의 관리 수준에 따른 사회경제성 분석(SEA)도 동시에 수행하여 상호 의사소통하면서 합리적인 결정을 도출하여야 한다.

산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 기반을 구축하기 위한 연구도 최근의 국내외 화학물질 관리 동향 및 사회후생적 측면에서 적합한 방식을 개발하기 위한 연구들이 진행되었다. 이와 관련된 선행연구인 신영철 등(2021, 2022)에서는 국내외 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 관련 최근 동향을 근거로 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석에서 중요한 역할을 하게 될 근로자의 통계적생명가치(VSL) 추정, 산업재해보상금을 분석한 사망 및 질병의 산업재해 감소의 편익 산정, 질병의 사회경제적 비용을 최근 금액으로 물가보정을 하여 제시하였다. 그와 더불어 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 기본 분석틀과 더불어 사회적 비용의 항목 및 산정 방법 등을 정리하였다.

이제는 그동안 진행된 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 기반 구축과 관련된 선행연구에서 도출된 연구 결과와 국내외 최근 동향을 반영한 사회경제성 분석 지침(안)의 개발이 필요하다.

2. 연구의 목적

이 연구에서는 최근 국내외 동향 및 사회후생적 근거를 반영하는 화학물질의 사회경제성 분석 방법을 적용한 산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침(안)을 그동안 수행된 선행연구(신영철 등(2021, 2022))

)의 결과 등을 반영하여 개발하고자 한다.

화학물질을 취급하는 산업 근로자의 건강 및 안전을 위해서는 화학물질 관리의 체계적이고 과학적인 기반을 구축하여야 한다. 이와 같은 기반 구축을 위해서 이 연구에서 그동안의 관련 선행 연구의 결과를 반영할 뿐만 아니라 최근의 국내외 동향 및 사회후생적 근거를 반영한 산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침(안)을 개발하고자 한다.

산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침(안)은 산업분야 작업장의 화학물질에 초점을 맞추기에 근로자의 건강 및 안전과 직접 관련된다. 따라서 이러한 산업안전보건법 화학물질 관리의 특성 및 여건을 반영한 사회경제성 분석 지침(안)을 만들고자 한다. 이를 위해 근로자의 건강 영향을 평가하는 주요 건강의 편익 및 산업계의 준수비용을 포함한 사회적 비용 산정에 필요한 정보를 정리하고 제시할 필요가 있다. 또한 산업분야 화학물질 관리에 따른 주요 편익 산정 및 주요 비용 산정의 예시도 포함하여 지침의 활용성을 높이하고자 한다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법

.....

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

1) 선행연구와의 차별성

이 연구의 목적을 고려한 관련 선행연구에는 산업안전보건법 사회경제성 분석 지침 관련 자료, 국외 화학물질 관련 사회경제성 분석 지침 및 국내 화학물질 관련 사회경제성 분석 지침 관련 자료를 들 수 있다. 이들을 자료별로 구분하여, 기존 연구의 주요 내용 및 본 연구의 차별성을 검토한다.

우선, 산업안전보건법 사회경제성 분석 지침 관련 자료에는 한국산업안전보건공단(2021) 및 김태윤 등(2014)의 『화학물질의 유해성·위험성 평가 지침』에 포함된 내용 및 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 개선을 위한 신영철 등(2021, 2022)이 있다.

한국산업안전보건공단(2021)에 소개되고 있는 화학물질의 규제영향 분석의 핵심 내용은 규제의 비용으로 해당 사업체의 준수비용을 평가하고, 규제의 편익은 직업병 감소에 의한 편익, 화재·폭발·누출 등 사고 감소에 의한 편익 및 인근 주민 피해 감소에 의한 편익으로 구분하여 제시하고 있다.

직업병 감소에 의한 편익 및 화재·폭발·누출 등 사고 감소에 의한 편익 산정에서 산재보상급여 및 근로손실비용 등에 기초하고 있지만, 화학물질별 특성을 반영하지 못하는 형태로 제시하고 있다. 한편 인근 주민 피해 감소에 의한 편익은 피해액 및 보상액 등에 기초하고 있으나, 사고 피해 규모 등을 반영하여 산정하지 못하고 있다.

신영철 등(2021, 2022)은 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석에서 중요한 건강 편익(근로자의 통계적생명가치(VSL), 질병 감소의 편익, 산업재해 감소의 편익 등) 산정, 사회적 비용 항목 및 사회경제성 분석

의 기본틀(안)을 정리하고 있다.

이 연구는 화학물질 관리 관련 사회경제성 분석의 국내외 최근 동향 및 후생경제학적 이론에 기반한 건강 편익 산정 및 사회적 비용으로 평가하는 지침을 개발한다는 점에서 차별성이 있다.

둘째, 국외 화학물질 관리 관련 사회경제성 분석 지침에선 유럽화학물질관리청(European Chemical Agency, ECHA)에서 발간한 Guidance on the preparation of socio-economic analysis as part of an application for authorisation(2011) 및 Guidance on socio-economic analysis - Restriction(2008)와 같은 지침서 등이 있다.

ECHA(2008, 2011) 지침서는 일반 화학물질의 허가 및 제한 관련 사회경제성 분석 지침이지만, 이 연구는 산업안전보건법 화학물질 관리 관련 사회경제성 분석이라는 점과 국내의 여건을 반영한 지침이라는 점에서 차별성이 있다.

셋째, 국내의 화학물질 규제 관련 사회경제성 분석 방식은 신영철 등(2017a, 2017b, 2018, 2019)의 『화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반 구축(I, II, III)』 및 『화학물질의 지정 및 관리를 위한 사회경제성 분석』이 있다.

신영철 등(2017a, 2017b, 2018, 2019)의 연구는 일반 화학물질 규제 관련 사회경제성 분석 기반 구축 연구이지만, 이 연구는 산업안전보건법 화학물질 관리 관련 사회경제성 분석에 초점을 맞추고 있다. 또한 이 연구는 기반을 구축하는 연구에서 한 단계 더 나아간 지침 개발까지 진행한다는 점에서 차별성이 있다.

〈표 II-1〉 기존 선행 연구와 본 연구의 차별성

구분	선행 연구 및 주요 자료	주요 내용	본 연구의 차별성
산업안전보건법 사회경제성 분석 지침 관련 자료	한국산업안전보건공단 (2021), 김태윤 등 (2014)	「화학물질의 유해성·위험성 평가 지침」에 화학물질 규제영향 분석의 핵심 내용으로 사회경제성 분석 방식 제시	「화학물질의 유해성·위험성 평가 지침」에 포함된 사회경제성 분석 관련 내용을 국내외 최근 동향 및 지침을 근거로 개선함
	신영철 등 (2021, 2022)	국내외 화학물질 관련 사회경제성 분석에 중요한 건강편익 산정, 비용 항목 및 추정방법, 사회경제성 분석의 기본틀(안) 정리	기존 연구에서 지침에 필요한 부분을 이용하지만, 본 연구는 지침에 필요한 기본틀, 절차 및 사례 예시 등을 포함한 지침 개발 연구라는 차별성을 가짐
국외 화학물질 관련 사회경제성 분석 지침	ECHA (2008, 2011)	유럽환경청의 화학물질의 허가 및 제한을 위한 사회경제성 분석 지침	화학물질 전반이 아닌 산업안전보건법 화학물질 관리에 초점을 맞춘 지침이라는 차별성이 있음
국내 화학물질 관련 사회경제성 분석 지침 관련 자료	신영철 등 (2017a, 2017b, 2018, 2019)	화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 기반 구축 연구임	산업안전보건법 화학물질 관리에 초점을 맞춘 지침 개발이라는 차별성이 있음

2) 연구의 주요 내용

이 연구의 목적을 위하여 연구의 내용은 크게 국내외 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침 검토 및 시사점 도출, 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 편익 및 비용의 항목, 평가방법 및 산정 절차 등의 정리, 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안) 제시로 나눌 수 있다.

우선, 국내외 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침 및 시사점 도출에서는

기존 산업안전보건법의 사회경제성 분석 관련 내용과 국내외 화학물질 관리 관련 사회경제성 분석 지침 등을 검토한다. 또한 경제협력개발기구(OECD)의 화학물질 관련 사회경제성 분석 워크숍 및 관련 사이트에서 소개된 최근 자료 등도 검토한다. 이상의 관련 자료 및 해당 사이트를 검토한 뒤, 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침 개발에 도움이 될 수 있는 시사점을 도출한다.

둘째, 산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 주요 내용에서는 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석에서 주요 편익 및 비용 항목, 평가 방법, 예시를 통한 산정 절차를 정리한다.

이를 위해 화학물질 관련 사회경제성 분석 관련 국내외 지침에서 산업계 작업장의 근로자의 건강 및 안전과 관련해서 활용할 수 있는 부분은 반영한다. 한편 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석을 위한 주요 건강 편익의 대푯값 또는 산업계의 준수비용을 포함하는 사회적 비용 관련 특징들을 반영하여 정리한다. 여기서는 주요 편익 및 비용의 평가 절차를 파악할 수 있는 예시를 함께 소개한다.

또한, 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 편익 및 비용 분석을 한 뒤에, 비용편익분석방법(Cost Benefit Analysis, CBA)과 같은 결과를 종합하는 방법을 소개한다. 여기에는 가장 일반적으로 활용되는 비용편익분석방법에 기본으로 정리하고, 그 외에 비용효과분석법(Cost Effectiveness Analysis, CEA) 및 다기준분석법(Multi Criteria Analysis, MCA) 등의 사회경제성 분석 결과를 종합할 수 있는 방법도 소개한다.

셋째, 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안) 제시에서는 사회경제성 분석의 기본틀 및 단계적 분석 내용 및 절차를 정리한다. 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 주요 편익 항목 및 평가방법, 주요 비용 항목 및 평가방법, 사회경제성 분석 결과의 종합방법을 지침 형태로 정리한다. 또한 향후 제시된 지침(안)이 계속적으로 개선되기 위해 필요한 과제들도 제시한다.

〈표 II-2〉 연구의 주요 내용

1. 국내외 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침 검토 및 시사점 도출

- 산업안전보건법 화학물질의 기존 사회경제성 분석 방법 검토
- 국내외 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침의 검토
- 산업안전보건법 화학물질의 사회경제성 분석 지침 개발 관련 시사점

2. 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 주요 내용

- 화학물질 관리에 의한 주요 편익 산정 절차 및 예시
 - 주요 편익 항목 및 평가 방법
 - 화학물질 관리에 의한 건강 편익
 - 화학물질 관리에 의한 편익 산정 절차 및 예시 사례
- 화학물질 관리에 의한 주요 비용 산정 절차 및 예시
 - 주요 비용 항목 및 평가 방법
 - 화학물질 관리에 의한 사회적 비용
 - 화학물질 관리에 의한 비용 산정 절차 및 예시 사례
- 주요 사회경제성 분석의 종합방법 및 예시
 - 비용편익분석 방법 및 예시 사례
 - 기타 사회경제성 분석의 종합방법 및 예시 사례

3. 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안) 제시

- 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안) 정리
 - 분석 시나리오 설정, 편익 산정, 비용 산정, 비용편익분석 등
- 향후 지침(안) 개선을 위한 연구 방향 및 과제 제시

2. 연구 방법

이 연구의 목적을 달성하기 위한 연구의 내용을 문헌 및 관련 자료 연구, 기존의 화학물질 규제의 사회경제성 분석 사례 연구, 자문 의견 반영의 연구 방법을 활용하여 수행한다.

1) 문헌 및 관련 자료 연구

- 국내외 화학물질 관련 사회경제성 분석 지침 및 관련 문헌 검토
 - 유럽화학물질관리청(ECHA)의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침인 Guidance on the preparation of socio-economic analysis as part of an application for authorisation(2011) 및 Guidance on socio-economic analysis - Restriction(2008) 등
 - 경제협력개발기구(OECD)의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석과 연관되는 Framework for Integrating Socio-Economic Analysis in Chemical Risk Management Decision Making(2000), Technical guidance document on the use of socio-economic analysis in chemical risk management decision making(2002), Cost-benefit analysis and the environment(2006) 등
 - 국내의 신영철 등(2017a, 2017b, 2018, 2019) 『화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반 구축(I, II, III)』 및 『화학물질의 지정 및 관리를 위한 사회경제성 분석』등
- 국내외 화학물질 관련 사회경제성 분석의 최근 동향 자료 검토
 - 2016년 경제협력개발기구(OECD)에서 개최한 ‘OECD Workshop on Socioeconomic Impact Assessment of Chemical Management’

및 2017년 ‘OECD Workshop : Best Practices in Assessing the Social Costs of Selected Chemicals’ 등의 발표 자료 등

- 경제협력개발기구(OECD)의 ‘The costs and benefits of regulating chemicals(<https://www.oecd.org/chemicalsafety/costs-benefits-chemicals-regulation.htm>)의 최근 동향 등

2) 화학물질 규제의 사회경제성 분석 사례 연구

- 국내외 화학물질 관련 사회경제성 분석 사례 검토
 - 2016년 경제협력개발기구(OECD)에서 개최한 ‘OECD Workshop on Socioeconomic Impact Assessment of Chemical Management’ 및 2017년 ‘OECD Workshop : Best Practices in Assessing the Social Costs of Selected Chemicals’ 등의 발표 자료 등
 - 2017년 ‘OECD Workshop : Best Practices in Assessing the Social Costs of Selected Chemicals’에서는 수은, 포름알데히드(Formaldehyde), 프탈레이트(Phthalates), FFOA(Perfluorooctanoic acid) and Salts, NMP(N-Methylpyrrolidone)에 대한 사회적 비용에 대한 평가 사례의 발표가 이루어졌음
- 국내 산업안전보건법 화학물질 규제와 관련된 사회경제성 분석 사례 등 검토
 - 산업안전보건법의 화학물질 규제 관련 사회경제성 분석을 수행한 최근의 보고서로는 『생식독성물질의 산업안전보건법 등 관리수준 검토를 위한 유해성·위험성 평가』(최상준 등, 2021), 『크롬 및 그 화합물의 노출 기준 개정방향』(김승원 등, 2022)의 문헌을 검토

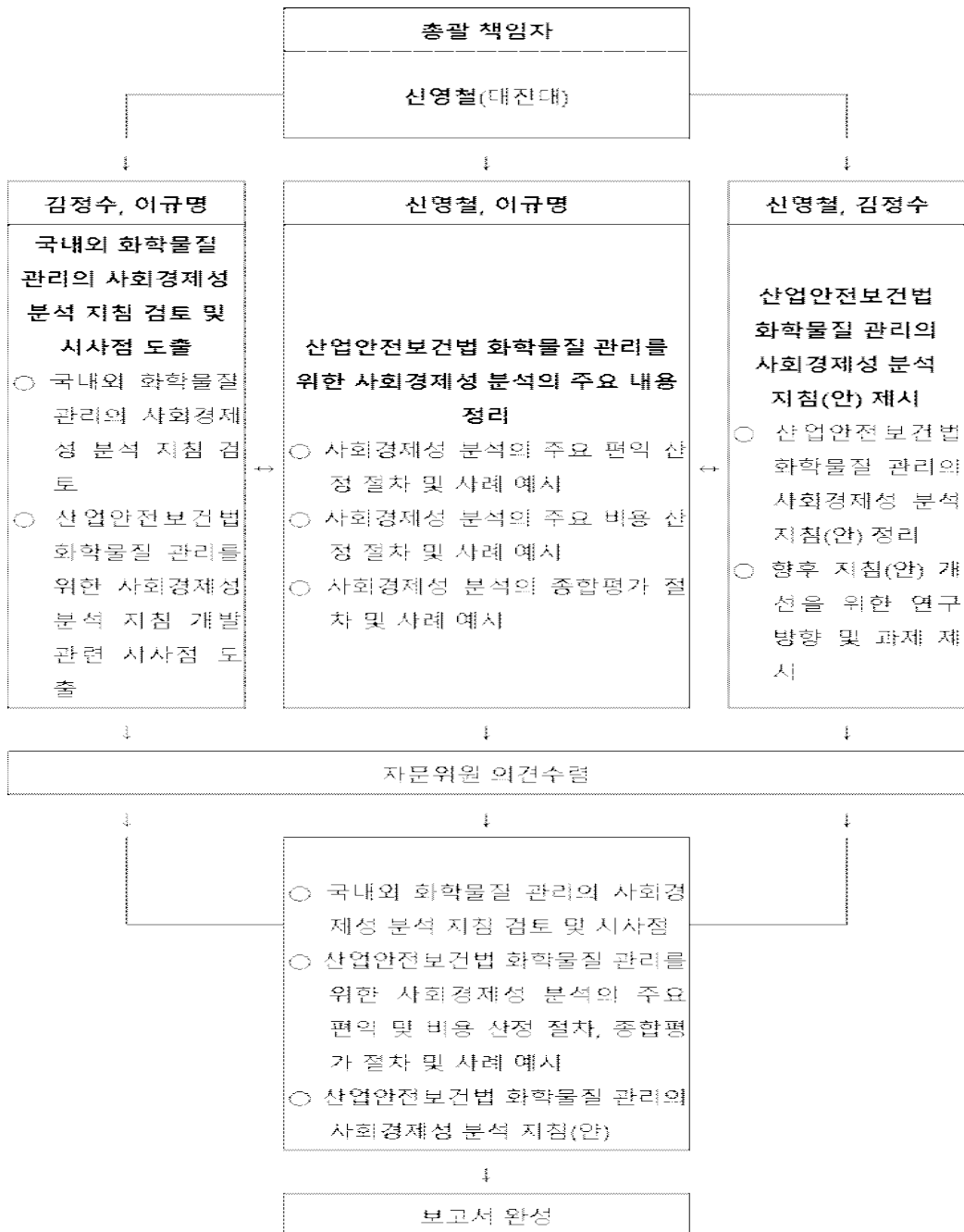
3) 전문가 자문 의견 반영

- 자문위원회(정기)
 - 사업 착수보고회, 중간보고회, 최종보고회 개최하여 자문 의견을 구하고, 자문 의견을 반영함
- 자문위원회(수시)
 - 연구 수행 중 협의 자문 사항은 수시로 소집하여 자문 의견을 구하고, 자문 의견을 반영함

3. 추진체계

이 연구는 대진대학교(산학협력단)에서 수행하였으며, (협)환경안전건강연구소 및 한국환경경제학회의 연구진이 함께 참여하였다. 이 연구에 참여하는 연구진은 신영철 등(2017a, 2017b, 2018, 2019) 『화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반 구축(I, II, III)』 및 『화학물질의 지정 및 관리를 위한 사회경제성 분석』를 수행하였다. 또한 이 연구와 연관된 『산업안전보건법 규제영향분석을 위한 건강편익 산정 방식 개선 연구』(신영철 등, 2021) 및 『산업안전보건법의 화학물질 규제에 따른 사회경제성 분석 방식 개선』(신영철 등, 2022)를 수행하였다.

연구 추진은 연구 과업을 기준으로 크게 3가지로 구분하여 팀을 구성하였다. 여기에는 국내외 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침 및 사례 검토 및 시사점 도출, 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 주요 내용 정리, 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안) 제시로 팀을 구분하여 연구를 수행하였다.



[그림 II-1] 연구의 추진체계

Ⅲ. 연구 결과

.....

Ⅲ. 연구 결과

1. 국내외 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침 검토 및 시사점 도출

1) 산업안전보건법 화학물질의 기존 사회경제성 분석 방법 검토

산업안전보건법의 화학물질 관리의 기존 사회경제성 분석 방식을 검토하기 위하여 먼저, 『화학물질의 유해성·위험성 평가 지침』(한국산업안전보건공단, 2021)에 포함된 사회경제성 분석의 기본틀 및 해당 내용을 검토한다. 왜냐하면, 해당 지침이 산업안전보건법 화학물질의 사회경제성 분석을 위한 내용을 포함하고 있기 때문이다.

또한 산업안전보건법 화학물질의 관리와 관련하여 최근 사회경제성 분석을 수행한 『생식독성물질의 산업안전보건법 등 관리수준 검토를 위한 유해성·위험성 평가』(최상준 등, 2021) 및 『크롬 및 그 화합물의 노출기준 개정안』(김승원 등, 2022)을 검토한다.

(1) 『화학물질의 유해성·위험성 평가 지침』(한국산업안전보건공단, 2012)의 사회경제성 분석

한국산업안전보건공단(2021)의 『화학물질의 유해성·위험성 평가 지침』은 『산업안전보건법』 제105조(유해인자의 유해성·위험성 평가 및 관리 등) 및 고용노동부 예규 제166호(화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정)에 의거 화학물질의 유해성·위험성 평가를 위한 후보물질 선정, 평가절차 및 방법, 평가결과 적용 등에 관한 지침을 정함으로써 산업안전보건법 상 화학물질의 법적 관리수준의 분류근거를 제공함을 목적으로 한다.

이 지침의 적용 범위는 사업장에서 제조·취급하는 신규 화학물질 및 기존 화학물질에 대한 유해성·위험성의 평가이다. 이 지침은 화학물질의 유해성·위험성 평가 절차에 화학물질의 사회성·경제성 평가를 포함하고 있다는 점에서 최근 화학물질 관리의 국내외 동향에서 나타나는 화학물질의 유해성·위험성 뿐만 아니라 사회성·경제성까지 포괄한 종합적인 평가체계를 제시하고 있다.

이 지침에서 사회·경제성 평가에서는 화학물질 관리수준의 비용편익분석을 기본으로 하고 있으며, 비용 및 편익의 산정 방식과 비용편익의 비교 및 검토에 대해서는 다음 <표 III-1>과 같이 제시하고 있다.

이 지침에서 규제의 편익은 크게 직업병 감소 편익, 화재·폭발·누출 등 사고 감소 편익 및 인근 주민 피해 감소에 의한 편익으로 구분해서 제시하고 있다.

우선, 직업병 감소 편익은 연간 산재보상보험 지급액을 고려하여 산정한 직/간접 손실비용에 근로손실의 경제적 손실비용을 합산한 값에 화학물질로 인한 질병 발생자수를 전체 재해자수로 나눈 값으로 곱한 뒤에 국내외 직업병 발생 화학물질수로 나누어서 산정한다.

이와 같은 산정 방식은 직업병을 발생시키는 화학물질 1종당 손실비용을 산정한 것이라고 볼 수 있다. 이러한 방식은 화재·폭발·누출 등 사고 감소 편익 산정에서도 마찬가지로 사용되고 있다.

이 방식은 산재보상보험 지급액과 근로손실 비용을 이용하여 직업병을 발생시키는 화학물질 1종당 편익을 산정한 방식이다. 이 방식으로는 특정 화학물질의 유해성 및 위험성이 반영된 피해 비용의 감소를 측정하기는 어렵다. 왜냐하면 화학물질별로 유해성·위험성이 차이가 크지만, 직업병이 발생하는 모든 화학물질을 평균 비용으로 같이 취급하는 방식이기 때문이다. 물론 자료의 한계로 화학물질별 유해성 및 위험성을 반영한 피해 비용을 산정하기 어려운 여건에서 제시된 방식이라고 판단된다.

〈표 III-1〉 규제영향 분석결과의 핵심 내용

규제의 비용 분석	규제의 편익 분석	비용편익의 비교 및 검토
관리수준 변경에 따른 비용 - 작업환경개선 비용 및 작업환경개선 설비의 운영 및 기타 비용 = 국소배기장치 및 유지관리비용 + 밀폐설비 설치 및 유지관리비용 + 각종 보호구 구입 비용 + 세척시설 설치비용 + 유해위험방지계획서 관련 비용 + 특별안전보건교육 실시 비용 + 작업환경측정 비용 + 특별관리물질 취급일지 관련 비용 + 특별관리물질 고지 관련 비용 ⇒ 총 비용	관리수준 변경에 따른 편익 - 직업병 감소에 의한 편익 = {연간 산재보상보험 지급에 따른 직/간접 손실비용 + 연간 질병으로 인한 근로손실의 경제적 손실 비용} × (화학물질로 인한 질병 발생자수/전체 재해자수) ÷ 국내/외 직업병 발생 화학물질수 - 화재·폭발·누출 등 사고 감소에 의한 편익 = {연간 산재보상보험 지급에 따른 직/간접 손실비용 + 연간 사고로 인한 근로손실의 경제적 손실비용} × (화학물질로 인한 사고 발생자수/전체 재해자수) ÷ 사업체에서 사용, 제조 및 취급 중인 유해 화학물질 수 - 인근 주민 피해 감소에 의한 편익 ⇒ 총 편익	관리수준 변경에 따른 순 편익 - 화학물질에 의한 직업병 발생은 장기간에 걸쳐 나타나므로 현재가치 기준 (Present value criterion)으로 환산하여야 할 필요가 있으므로 분석기간 30년, 할인율 5.5% 적용 - 순편익(기대이익) = 총 편익 - 총 비용

※ 평가대상 화학물질의 검토되는 법적 관리수준에 따라 총비용과 총편익의 세부항목은 달라질 수 있음

출처: 한국산업안전보건공단(2021), 30쪽

한편 규제의 비용은 작업환경개선 비용 및 작업환경 개선 설비의 운영 및 기타 비용으로 산정하고 있다. 화학물질의 관리로 인한 사회적 비용 관점에서 보면, 현재 포함하고 있는 비용은 산업계의 준수비용에 한정하고 있다. 화학물질의 관리로 인한 사회적 비용은 크게 직접비용과 간접비용으로 구분될 수 있다. 직접비용에 산업계의 준수비용 이외에도 정부규제비용, 사회적 후생손실비용, 이전비용이 포함되어 고려되어야 한다.

비용편익의 비교 및 검토는 순편익(기대이익)을 총 편익에서 총 비용을 차감하여 산정하고, 장기간에 발생할 경우 현재가치로 산정한다. 분석 기간은 30년이고 할인율은 5.5%를 적용하도록 하고 있다.

또한, 이 지침에는 화학물질의 관리수준 강화를 위한 규제 수준 설정시 <표 III-2> 사회·경제성평가 단계에서 추가로 고려할 점에 정리되었듯이, 관리수준 제·개정의 실현 가능성, 관리수준 제·개정의 대체수단 존재 및 기존 규제와의 중복 여부, 관리수준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부, 관리수준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성 등을 고려하도록 하고 있다.

화학물질 관리수준 강화를 위한 규제 수준 설정시 고려할 사항들은 규제 강화와 관련해서 일반적으로 검토되어야 하는 사항이다. 해당 사항을 검토하기 쉽지 않은 항목도 있고, 시간적, 예산상 제약으로 인하여 검토가 쉽지 않은 항목도 있을 수 있다.

〈표 III-2〉 사회·경제성평가 단계에서 추가로 고려해야할 점

검토내용	세부검토 사항
관리수준 제·개정 의 실현 가능성 검토	• 규제에 대한 반대 및 사회적 제약 요소 : 관리수준을 제·개정하는 경우 작업환경 개선비용 소요에 따른 해당사업주의 반대 및 사회적 파장 설명 • 기술수준 등에 비추어본 실현 가능성 : 관리수준 강화시 작업환경 개선에 대한 기술적, 경제적 실현가능성 설명
관리수준 제·개정 의 대체수단 존재 및 기존규제와의 중복 여부	• 기존규제로 대체가능 여부 : 관리수준을 제·개정하지 않고 기존의 관리수준으로도 직업병 등을 사전 예방할 수 있는지 여부 설명 • 규제외 다른 방법으로 목적달성 여부 : 관리수준 강화는 유해물질 취급 근로자 건강장해예방을 위한 최소한의 기본적 조치임을 설명 • 유사한 기존규제와 중복 여부 : 관리수준 설정과 유사한 기존규제는 없음을 설명 • 규제의 확대 재생산 가능성 : 관리수준 제·개정 이외에 규제확대 생산 가능성이 없음을 설명
관리수준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부	• 시장경쟁 제한요소 포함 여부 : 관리수준 제·개정은 시장경쟁 제한요소가 없음을 설명 • 기업활동 저해요소 포함 여부 : 관리수준 제·개정은 기업활동 제한요소가 없음을 설명
관리수준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성	• 규제기준, 절차의 명확성 : 관리수준 제·개정을 위해 선진국의 기준참고, 전문가회의, 공청회 등의 절차를 거친 내용을 자세히 설명 • 규제의 법적근거 및 존속기한의 타당성 여부 : 관리수준의 성질상 존속기한을 설정하기 어려움을 설명

출처: 한국산업안전보건공단(2021), 31쪽

한국산업안전보건공단(2021)의 『화학물질의 유해성·위험성 평가 지침』은 산업안전보건법 화학물질의 관리를 위한 사회경제성 분석의 기본틀을 포함하고 있다. 여기에 포함된 내용의 근거는 김태윤 등(2014)의 『특별관리물질 및

관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가 연구』이다.

화학물질의 관리를 위한 사회경제성 분석은 국내외 관련 지침 및 최근 동향을 고려하더라도 완성된 내용 및 절차를 갖고 있다고 보기는 어렵다. 왜냐하면 이 분야와 관련된 평가 방법이 다양하고 주요 편익 및 비용도 계속해서 연구가 진행되면서 축적되고 있기 때문이다. 그런데도 유럽연합(EU)를 중심으로 한 주요 국가들은 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석을 지침으로 만들고, 필요한 연구를 함께 지속해 나가고 있다.

따라서 한국산업안전보건공단(2021)의 『화학물질의 유해성·위험성 평가 지침』도 국내외 관련 지침 및 최근 발전 동향을 반영하여 다음과 같은 사항들을 개선할 필요가 있다.

우선, 화학물질의 사회경제성 분석에서 비용 분석은 사회적 비용 관점에서 정의되어야 하고, 여기에는 현재 지침에서 고려되고 있는 산업계의 준수비용과 함께 정부규제비용, 사회적 후생손실비용 및 이전비용이 직접비용으로 포함되어 분석되어야 한다. 또한, 화학물질의 규제에 따른 사회적 비용에는 상품의 질, 생산성, 기술혁신, 시장 상황 등의 변화로 인한 부정적 영향과 관련 되는 간접비용도 고려될 수 있다.

또한, 화학물질의 사회경제성 분석에서 편익 분석은 화학물질별 유해성 및 위험성(위해성)을 반영하여 그 영향을 평가하는 방식으로 전환되어야 한다. 현재 한국산업안전보건공단(2021)에서의 화학물질의 관리수준 변경에 따른 편익은 화학물질별 유해성 및 위험성(위해성)을 반영하지 못하고 있기 때문이다. 화학물질 관리수준 변경에 따른 건강 편익은 화학물질별 유해성 및 위험성을 반영한 영향에 근거하여 평가가 이루어져야 한다.

산업안전보건법 화학물질 관리와 관련된 건강 편익은 국내외 지침 및 최근 관련 분야의 동향을 반영하여 사망 위험 감소와 질병 위험 감소로 구분되어 평가할 필요가 있다. 왜냐하면 건강 영향에 따른 편익은 질병 위험 감소보다는 사망 위험 감소가 큰 편익이 있다고 분석되었기 때문이다. 이와 같은 구분은 화학물질의 유해성 및 위해성이 사망 위험 또는 질병 위험과 관련되는지에

따라 사회경제성 분석의 결과에 큰 차이를 가져올 수 있다.

화학물질 관련 화학 사고의 감소 편익은 화학물질별로 사고의 비용을 추계할 수 있을 정도로 정보가 축적되어 있지 않을 것이기에, 사고위험이 큰 화학물질로 인한 그동안의 사고피해액을 고려하여 평가되어야 할 것이다. 화학물질로 인한 사고위험 수준을 평가할 수 있다면, 그 위험 수준을 평균 사고피해액을 연결하여 평가하는 방법을 검토할 수 있다.

인근 주민 피해 감소에 대한 편익은 산업계 외의 편익이라고 구분하여 평가하고 있지만, 평가 방식은 근로자의 건강 편익 및 사고 위험 감소 편익과 유사한 방식으로 평가될 수 있다.

한편 비용편익의 비교 검토에서는 예비타당성조사 또는 규제영향분석 등과 같은 주요 타당성 평가에서 채택하고 있는 사회적 할인율 및 분석 기간 설정의 원칙을 반영하여야 할 것이다. 현재는 주요 타당성 평가에서 사회적 할인율을 4.5%로 채택하여 분석하고 있고, 분석 기간은 대상에 따라 다소 차이가 있지만 규제에 의한 효과가 발생하는 충분한 기간을 포함하여 분석하고 있다.

〈표 III-3〉 「화학물질 유해성·위해성 평가 지침」의 사회경제성 분석 부문 검토

구분	[화학물질의 유해성·위해성 평가 지침]	검토 의견
규제의 비용 분석	관리수준 변경에 따른 비용을 작업환경개선 비용 및 작업환경개선 설비의 운영 및 기타 비용으로 산정함	관리수준 변경에 따른 사회적 비용 관점에서 비용 항목 고려 필요 : 직접비용(준수비용, 정부규제비용, 사회적 후생손실 비용, 이전비용) 및 간접비용
규제의 편익 분석	- 관리수준 변경에 따른 편익을 3가지로 구분하여 제시함. 즉, 직업병 감소에 의한 편익, 화재 폭발 누출 등 사고 감소에 의한 편익, 인근 주민 피해 감소에 의한 편익으로 구분함 - 직업병감소에 의한 편익은 산재보상금 및 질병에 의한	- 직업병 감소 편익은 건강 편익 및 기타 편익으로 볼 수 있으며, 화학물질별 유해성/위험성을 고려한 편익 평가 필요함. 이때 건강 편익은 사망 위험 감소 편익과 질병 위험 감소 편익으로 구분해서 평가하는 방식이 적절함 - 화학물질 사고 감소에 의한 편익은 화학물질로 인한 평균 사고피해액 및

구분	[화학물질의 유해성·위해성 평가 지침]	검토 의견
	근로손실비용 합계를 산재발생자 중 화학물질로 인한 질병발생자수의 비율을 곱한 뒤, 국내외 직업병 발생 화학물질수로 나누어 산정함 • 화재 폭발 누출 등 사고 감소에 의한 편익은 산재보상금 및 사고로 인한 근로손실 비용 합계를 산재발생자 중 화학물질로 인한 사고발생자수의 비율을 곱하고, 사업체에서 사용, 제조 및 취급하는 총유해화학물질수로 나누어 산정함	예상피해액을 사고발생건수를 곱하여 산정하는 방식 검토할 수 있음. 이는 화학물질별로 산정할 만큼 사례수가 많지 않은 경우는 사고가능 화학물질로 인한 총사고피해를 고려해서 산정하는 방식 검토할 수 있음 • 인근 주민 피해감소에 의한 편익은 화학물질로 인한 초과 건강위험이 감소하는 경우 또는 사고위험이 감소하는 경우로 건강위험 감소 정도 및 사고위험 감소 정도를 산정하는 방식이 차이가 있을 뿐 유사한 방식으로 편익산정 가능함
비용편익 의 비교 검토	• 관리수준 변경에 따른 순 편익을 분석기간 30년 할인율 5.5%적용하여 [순편익 = 총편익(의 현재가치) - 총비용(의 현재가치)]으로 산정함	• 규제영향의 비용편익분석은 비용편익 비율(B/C ratio), 순편익, 내부수익률(IRR)으로 평가하므로, 비용편익 비율(B/C ratio)와 순편익을 함께 제시하는 방식이 적절함 • 분석기간은 기본적으로 편익이 발생한 이후 기간으로 한정하는 방식이 적절함 • 사회적 할인율은 다른 타당성 평가에서 적용되고 있는 4.5%를 적용 필요
관리수준 제개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부	• 시장경쟁 제한 요소 및 기업활동 저해요소가 포함되는지 여부 검토	• 비용편익분석 이외의 사회경제적 요소에 대한 분석에서 검토하는 방식 또는 이와 관련해 분명한 영향이 있고 피해 비용으로 산정 가능한 경우는 간접비용으로 고려할 수 있음

2) 산업안전보건법 화학물질 규제의 사회경제성 분석 사례 검토

산업안전보건법의 화학물질 규제 관련 사회경제성 분석을 수행한 최근의 보고서로는 『생식독성물질의 산업안전보건법 등 관리수준 검토를 위한 유해성·위험성 평가』(최상준 등, 2021) 및 『크롬 및 그 화합물의 노출기준 개편안』(김승원 등, 2022)의 문헌을 검토한다.

(1) 『생식독성물질의 산업안전보건법 등 관리수준 검토를 위한 유해성·위험성 평가』(최상준 등, 2021)의 사회경제성 분석 사례

이 연구는 15종 생식독성물질을 관리대상물질로 지정했을 때 및 특별관리물질로 지정했을 때의 사회경제성 분석을 하였다.

비용 평가는 김태운 등(2014) 비용 분석 방법 및 원단위(국소배기장치 설치 및 유지관리비, 밀폐설비 설치 및 유지관리비, 보호복 및 보호구 지급비용, 세척시설 및 용기 등 관리비용, 유해위험방지계획서 작성비용, 특별안전보건교육 비용, 작업환경측정 평균 비용(면제 또는 횡수조정 대상이 아닌 경우), 작업환경측정 평균 비용(면제 또는 횡수조정 대상인 경우), 특수건강진단 비용, 특별관리물질 취급일지 작성비용, 특별관리물질 고지비용)를 보완 적용하였다. 이때 화학물질관리법상 기규제 물질의 경우는 국소배기장치 및 유지관리비용, 밀폐설비 설치 및 유지관리비용, 보호복 및 보호구 지급 비용, 세척시설 및 용기 등 관리비용은 중복되므로, 비용분석에서 제외하였다.

한편 편익 평가를 위해 필요한 건강 영향은 규제로 인한 질병 감소 기여율을 1%(최소 편익) 또는 2%(최대 편익)로 평가하였다. 편익 평가의 근거가 되는 건강영향은 국제질병부담 연구(Global Burden of Disease, GBD) 결과에서 제시된 직업적 위험요인(occupational risk factor)의 기여도를 활용하였다. GBD 2015 risk factor collaborators(2016) 연구는 우리나라를 포함하여 127개국에 대한 연구 자료가 포함되어 있다. 이 연구에서 우리나라의

경우 직업적 요인에 의한 2015년 사망에 대한 기여도는 1.0%(95% 신뢰구간 0.9~1.1%), 장애보정손실연수(disability adjusted life year, DALY)에 대한 기여도는 2.0%(95% 신뢰구간 1.8~2.3%)로 보고하고 있다.

이에 대한 편익 평가를 위해 조규수 등(2015)이 적용한 질병군의 의료비용 절감(조기사망 감소 편익) 중 의료비 절감액을 적용하였다. 조기사망 감소 편익 관련해서는 가용자료가 부족하거나 정량적 평가로 충분히 사회적 비용보다 편익의 크기가 큰 경우라면, 무리하게 정량적 평가를 시도하지 않았다.

비용편익분석은 분석기간 30년, 유예기간 3년, 할인율 5.5% 및 3%로 분석하고 있다. 여기서 유예기간은 건강영향이 나타나지 않아서 편익이 발생하지 않는 기간이다. 그 결과 11개 물질은 $B/C > 1$ 이다. 4개 물질은 $B/C < 1$ 이지만, 유해성, 위험성, 사회경제성 분석의 제한점 등을 종합적으로 고려할 때, 모두 관리대상 유해물질로 지정하는 것이 바람직하다고 판단하였다. 다만 피페라진디하이드로클로라이드는 B/C 의 최대값이 0.07이었고, 유해성, 위험성 평가 결과가 가장 낮았다. 또한 취급 근로자 수가 소수이므로, 관리대상 지정 우선순위가 낮다고 평가하였다.

이 연구의 화학물질 규제에 따른 사회경제성 분석 과정 및 결과로부터는 다음과 같은 검토 및 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 비용 평가에서는 사업체의 준수비용 항목을 측정하였는데, 정부규제 비용 항목도 검토가 필요하다. 또한, 특정 산업 분야에서 제품의 가격이 인상되는 경우 나타나는 해당 제품 시장에서의 사회적 후생손실과 함께 해당 가격 상승이 다른 산업 분야에 미치는 파급효과도 검토할 필요가 있다. 또한 사업체의 폐쇄 등이 발생하는지 등과 같은 이전 비용도 검토할 필요가 있다.

둘째, 편익 평가에서 조기사망 감소 편익을 제외하는 경우 의료비 절감 편익은 건강 편익을 과소평가할 가능성이 크다. 왜냐하면 조기사망 감소 편익이 차지하는 비중이 일반적 건강 편익에서 압도적인 비중을 차지하는 경우가 대부분이고, 의료비용법에 의한 의료비 절감은 질병 비용의 하한값이기 때문이다.

셋째, 비용편익분석의 분석기간은 30년으로 하였고, 편익 발생에 3년간의 유예기간을 설정하였는데, 일반적으로 편익이 발생한 이후의 일정 기간을 분석기간으로 설정한다. 따라서 화학물질의 경우 규제 이후 건강 영향이 상당한 정도의 유예기간을 가지고 나타나는 경우도 있기에, 화학물질 규제의 효과를 파악하기 위해서는 편익 발생 후 일정 기간으로 분석기간을 설정하는 방식을 검토할 필요가 있다.

한편 할인율은 시점이 변함에 따라 변하고 있기에, 가급적이면 예비타당성 조사 또는 규제영향분석 등에서 적용되고 있는 사회적 할인율을 이용한 분석을 할 필요가 있다. 그 외의 할인율은 민감도 분석에서 분석하는 방식이 적절하다.

〈표 III-4〉 사회경제성 분석 사례 : 최상준 등(2021)

구분	생식독성물질의 산업안전보건법 등 관리수준 검토를 위한 유해성·위험성 평가
평가 대상	15종 생식독성물질의 관리대상물질 제도 적용시와 특별관리물질 적용시
비용 평가	- 김태윤 등(2014) 비용 분석 방법 및 원단위 보완 적용(국소배기장치 설치 및 유지관리비, 밀폐설비 설치 및 유지관리비, 보호복 및 보호구 지급비용, 세척시설 및 용기 등 관리비용, 유해위험방지계획서 작성비용, 특별안전보건교육 비용, 작업환경측정 평균 비용(면제 또는 횡수조정 대상이 아닌 경우), 작업환경측정 평균 비용(면제 또는 횡수조정 대상인 경우), 특수건강진단 비용, 특별관리물질 취급일지 작성비용, 특별관리물질 고지비용) - 화학물질관리법상 기규제 물질의 경우는 국소배기장치 및 유지관리비용, 밀폐설비 설치 및 유지관리 비용, 보호복 및 보호구 지급 비용, 세척시설 및 용기 등 관리비용은 중복되므로, 비용분석에서 제외
편익 평가	- 조규수 등(2015)이 적용한 건강보험정책연구원(2014)의 질병 군의 의료비용 절감(조기사망 감소 편익) 중 의료비 절감액을 적용함 - 조기사망 감소 편익은 가용자료가 부족하거나 정량적 평가로 충분히 사회적 비용보다 편익의 크기가 큰 경우 무리하게 정량적 평가를 시도하지 않음

구분	생식독성물질의 산업안전보건법 등 관리수준 검토를 위한 유해성.위험성 평가
비용편익 분석 평가 결과	• 분석기간 30년, 유예기간 3년, 할인율 5.5% 및 3%로 분석 • 11개물질은 B/C>1, 4개물질은 B/C<1 이지만, 유해성,위험성,사회경제성분석의 제한점 등을 종합적으로 고려할 때 모두 관리대상 유해물질로 지정바람직하다고 판단, • *다만 피페라진디하이드로클로라이드는 B/C의 최대 0.07 이었고, 유해성, 위험성 평가 결과가 가장 낮았다. 또한 취급 근로자수가 소수이므로, 관리대상 지정 우선순위가 낮다고 평가
시사점	• 비용 평가의 경우 사업체의 준수비용 항목 측정, 정부규제비용 항목 검토 필요, 가격 인상의 경우 해당 시장 또는 파급효과에 의한 여타 시장의 사회후생적 손실 및 사업체 폐쇄 등의 경우의 이전비용도 검토 필요 • 편익 평가의 경우, 조기사망 감소 편익 제외한 경우 의료비 절감 편익은 편익의 과소평가 가능성이 큼(왜냐하면 조기사망감소 편익이 차지하는 비중이 압도적인 경우 대부분이고, 의료비용법에 의한 의료비 절감은 질병비용의 하한값의 의미를 지니고 있음) • 분석기간은 유예기간을 제외한 일정 기간으로 설정하는 방식 이용 검토 필요, 할인율은 현재 사회적 할인율 적용 검토 필요하고, 그 외의 할인율은 민감도 분석에서 이용

(2) 『크롬 및 그 화합물의 노출기준 개선방향』(김승원 등, 2022)의 사회경제성 분석 사례

이 연구의 평가대상은 크롬 및 그 화합물이 노출기준 개정안을 평가하기 위해 국내외 크롬 및 그 화합물의 노출기준을 검토 및 실태조사를 수행하고, 노출기준 강화의 경우 3가지 안에 대해 사회경제성 분석을 하고 있다.

비용 평가는 노출기준을 초과하는 사업장의 경우 국소배기장치 설치 및 유지관리비용과 유해위험방지 계획서 작성 비용이 추가 발생하는 것으로 평가

한다. 여기서 국소배기장치 설치 및 유지관리비용은 김태운 등(2014)의 비용 분석 방법 및 원단위를 할인율 정보(5.5% 및 3%)로 조정하여 사용하고 있다.

한편 편익 평가는 초과 발암 위험성을 고려한 조기사망 감소의 편익은 노출기준 강화로 인한 초과 발암 위험성 감소에 따른 조기사망 근로자 수 감소에 신영철 등(2019)에서 제시된 화학물질의 위험이 만성인 경우의 통계적생명가치(VSL)를 할인율 정보(5.5% 및 3%)로 조정하여 적용하고 있다.

해당 화학물질에 노출되는 근로자 수에 대해 신영철 등(2019)의 화학물질의 건강 영향 및 환경생태계 영향 회피를 위한 지불의사금액(WTP)에서 '잠재 건강' 및 '호흡기/심혈관 질환' 회피를 위한 지불의사금액(WTP)을 할인율 정보(5.5% 및 3%)로 조정하여 적용하고 있다. 결과적으로 노출기준 강화(안)의 총편익 = WTP에 의한 사회적 총편익 + VSL에 의한 사회적 총편익으로 평가한다.

비용편익분석에서는 분석기간을 30년으로 설정하고, 유예기간은 3년, 할인율 5.5% 및 3%로 분석하여 결과를 제시하고 있다. 강화된 노출기준(안)의 B/C Ratio가 1을 초과하면, 강화된 노출기준(안)의 사회적 비용보다 사회적 편익이 크기 때문에 노출기준의 강화가 필요하다고 평가한다. 그 반대의 경우인 강화된 노출기준(안)의 B/C Ratio가 1미만이면, 노출기준을 강화하지 않고 현재의 노출기준을 적용하는 것이 합리적이라고 평가한다.

이 연구의 화학물질 규제에 따른 사회경제성 분석 과정 및 결과로부터는 다음과 같은 검토 및 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 비용 평가에서는 노출기준 초과하는 사업장에서는 국소배기장치 설치 및 유지관리비용 및 유해위험방지 계획서 작성을 집계하고 있는데, 이는 사업체의 준수비용이다. 사회경제성 분석에서 비용은 사회적 비용 관점으로 볼 때 준수비용 이외의 직접비용(정부규제비용, 사회적 후생손실비용, 이전비용)과 간접비용의 발생 여부를 검토할 필요가 있다.

또한 준수비용 분석에 이용하고 있는 원단위는 김태운 등(2014)의 값을 할인율(즉, 5.5% 및 3%)로 조정하여 이용하고 있는데, 과거의 값을 현재의 가

치로 환산하기 위해서는 사회적 할인율이 아닌 물가지수에 의한 조정을 할 필요가 있다. 이때 고려될 수 있는 물가지수에는 소비자물가지수(consumer price index, CPI) 또는 GDP 디플레이터(deflator)를 이용할 수 있다. 그리고 김태운 등(2014)에서 제시한 국소배기시설 설치 및 운영비용 등도 상당 정도 시간이 지난 값이기에 재평가해서 이용할 필요가 있다.

둘째, 편익 평가에서 근로자의 조기사망 감소 편익은 신영철 등(2021, 2022)에서 근로자의 임금 자료를 분석하여 근로자의 통계적생명가치(VSL)로 제시된 값을 물가 보정하여 이용하는 방식이 적절하다. 신영철 등(2019)에서 제시한 통계적생명가치(VSL)은 일반인을 대상으로 선택실험법(Choice Experiment Method, CE) 설문에서 산정된 값이다. 산업안전보건법 화학물질 관리에 따른 근로자의 건강 영향으로 평가하려면, 근로자의 통계적생명가치(VSL) 적용이 더욱 적절하다.

또한, 신영철 등(2019)에서 화학물질의 건강영향 및 생태환경 영향 회피를 위한 지불의사금액(WTP)도 일반인을 대상으로 생활환경에서의 상황에서 도출한 값이므로, 근로자에게 적용하는 방식이 적절한지는 검토가 필요하다. 일상 생활환경에서 유해성의 특성을 회피하기 위한 지불의사금액(WTP)이므로, 작업장 근로자의 경우에 직접 적용하기에는 다소 무리가 있다.

화학물질의 노출기준 강화(안)의 총편익을 'WTP에 의한 사회적 총편익 + VSL에 의한 사회적 총편익'으로 평가한 방식은 노출기준 강화(안)에 따른 건강 영향 및 기타 영향을 어떻게 설정하는지에 따라 적절성이 검토될 수 있다. 만약 노출기준 강화로 인하여 조기 사망 위험 감소라는 건강 영향만이 고려되는 경우에 화학물질의 건강영향 회피를 위한 WTP를 합산하는 것은 중복 산정이 될 수 있다. 따라서 평가 대상인 크롬 및 그 화합물의 노출기준 강화에 따라 어떤 건강 영향이 고려되는지에 따라 총편익 산정을 고려할 필요가 있다.

셋째, 비용편익분석의 분석기간은 30년(3년의 유예기간 포함)은 원칙적으로 규제의 효과를 충분히 포괄하는 기간으로 설정할 필요가 있다. 일반적으로

예비타당성조사에서 건축물의 경우 30년, 규제영향분석에서는 10년을 분석 대상 기간으로 하고 있다. 화학물질 규제의 경우 즉각적으로 효과가 나타나기도 하지만, 상당히 오랜 기간이 지난 후에 효과가 나타나기도 한다. 따라서 이와 같은 효과가 발현되기까지의 유예기간이 상당한 경우에는, 유예기간을 이후의 효과가 발현되는 충분한 분석 기간(예를 들어, 30년)을 고려하여 분석할 필요가 있다.

한편 할인율은 시점이 변함에 따라 변하고 있기에, 가급적이면 예비타당성조사 또는 규제영향분석 등에서 적용되고 있는 사회적 할인율을 이용한 분석을 할 필요가 있다. 그 외의 할인율은 민감도 분석에서 분석하는 방식이 적절하다.

〈표 III-5〉 사회경제성 분석 사례 : 김승원 등(2022)

구분	크롬 및 그 화합물의 노출기준 개정방향
평가 대상	크롬 및 그 화합물의 노출기준 개정안
비용 평가	- 노출기준을 초과하는 사업장의 경우 국소배기장치 설치 및 유지관리비용과 유해위험방지 계획서 작성 비용이 추가 발생하는 것으로 평가함 - 여기서 국소배기장치 설치 및 유지관리비용은 김태윤 등(2014) 비용 분석 방법 및 원단위를 할인율 정보(5.5% 및 3%)로 조정하여 적용함
편익 평가	- 초과 발암 위험성을 고려한 조기사망 감소의 편익은 노출기준 강화로 인한 초과 발암 위험성 감소에 따른 조기사망 근로자 수 감소에 신영철 등(2019)에서 제시된 화학물질의 위험이 만성인 경우의 통계적생명가치(VSL)을 할인율 정보(5.5% 및 3%)로 조정하여 적용함 - 해당 화학물질에 노출되는 근로자 수에 대해 신영철 등(2019)의 화학물질의 건강 영향 및 환경생태계 영향 회피를 위한 지불의사금액(WTP)에서 '잠재건강' 및 '호흡기/심혈관 질환' 회피를 위한 지불의사금액(WTP)을 할인율 정보(5.5% 및 3%)로 조정하여 적용함 - 노출기준 강화(안)의 총편익 = WTP에 의한 사회적 총편익 + VSL에 의한

구분	크롬 및 그 화합물의 노출기준 개정방향
	사회적 총편익으로 평가함
비용편익 분석 평가 결과	• 분석기간 30년, 유예기간 3년, 할인율 5.5% 및 3%로 분석 • 강화된 노출기준(안)의 B/C Ratio가 1을 초과하면, 강화된 노출기준(안)의 사회적 비용보다 사회적 편익이 크기 때문에 노출기준의 강화가 필요하다고 평가함. • 그 반대의 경우인 강화된 노출기준(안)의 B/C Ratio가 1미만이면, 노출기준을 강화하지 않고 현재의 노출기준을 적용하는 것이 합리적이라고 평가함
시사점	• 비용 평가에서 이용한 김태윤 등(2014)에서 제시된 준수비용 관련 비용이 설문조사 등을 통해 구축된 정보이므로 새로운 업데이트된 비용을 검토해서 적용하는 것이 적절함 • 과거의 금액을 현재기준으로 조정하기 위해 사회적 할인율(5.5%및3%)을 적용하는 방식은 적절하지 않음. 해당기간 동안의 물가수준을 보정할 수 있는 소비자물가지수(CPI) 또는 GDP디플레이터(deflator)를 적용하는 방식이 적절함 • 그 외의 사회적 비용항목에 속하는 정부규제비용 항목 검토필요, 가격 인상의 경우 해당 시장 또는 파급효과에 의한 여타 시장의 사회후생적 손실 및 사업체 폐쇄 등의 이전비용 항목도 검토 필요함 • 편익 평가에서, 근로자의 조기사망 감소 편익은 신영철 등(2021, 2022)에서 근로자의 임금 자료를 분석하여 근로자의 통계적생명가치(VSL)로 제시된 값을 물가 보정하여 이용하는 방식이 적절함 • 신영철등(2019)에서 화학물질의 건강영향 및 생태환경 영향 회피를 위한 지불의사금액(WTP)은 일반인을 대상으로 생활환경에서의 상황에서 도출한 값이므로, 근로자에게 적용하는 방식이 적절한지는 검토가 필요함 • 화학물질의 노출기준 강화(안)의 총편익을 'WTP에 의한 사회적 총편익 + VSL에 의한 사회적 총편익'으로 평가한 방식은 노출기준 강화(안)에 따른 건강영향 및 기타영향을 어떻게 설정하는지에 따라 적절성이 검토될 수 있음

구분	크롬 및 그 화합물의 노출기준 개정방향
	• 분석기간은 유예기간을 제외한 일정 기간으로 설정하는 방식 이용 검토 필요, 할인율은 현재 사회적 할인율 적용 검토 필요하고, 그 외의 할인율은 민감도 분석에서 이용

3) 국내외 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침의 검토

국내외 주요 관련 주요 자료 검토와 국내외 관련 동향 조사 및 검토를 위하여, 국외 주요 자료로는 유럽화학물질관리청(ECHA)의 Guidance on the preparation of socio-economic analysis as part of an application for authorisation(2011), Guidance on socio-economic analysis - Restriction(2008)을 검토하였다.

유럽연합의 화학물질 관리를 위한 REACH를 위한 사회경제성 분석 지침서로서, 화학물질을 허가(authorisation) 및 제한(restriction)하고자 하는 경우의 사회경제성 분석 지침이다. 기존의 화학물질 관리를 위한 OECD에서 발간된 연구들을 포함하여 REACH를 위한 화학물질 관리의 사회경제성 분석을 체계적으로 분석할 수 있는 폭넓은 내용을 포함하고 있다.

한편 국내의 관련 주요 자료로는 신영철 등(2017a, 2017b, 2018, 2019) 『화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반 구축(I, II, III)』 및 『화학물질의 지정 및 관리를 위한 사회경제성 분석』 등을 검토하였다.

이 연구들은 국내 도입된 화평법 관련 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반을 구축한 연구로, ECHA(2008, 2011)의 지침의 기본틀을 반영하고, 주요 편익에 대해서는 국내 대표값을 추정하고 있다. 특히, 화학물질 관리의 주요 편익 중 통계적생명가치(VSL)를 메타회귀분석, 화학물질 위험에 의한 사망 위험 감소 편익 산정을 위한 선택실험 등의 방법으로 새로이 추정하고 있다. 또한, 질병의 사회경제적 비용을 기존 연구 결과를 최근 시점으로 재산정한 결과를 제시하고 있다.

비용 관련해서는 사회적 비용 측면에서 산업연관효과를 이용한 경제적 파

급효과에 대한 내용도 포함하고 있다.

경제협력개발기구(OECD)에서는 2016년 및 2017년 워크숍을 통해 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 현재와 방향성을 모색하고자 하였다. 이 워크숍의 자료들을 모두 공개하고 있어 화학물질의 사회경제성 분석 관련 동향 및 분석 결과 등을 확인할 수 있다. 또한, The costs and benefits of regulating chemicals 사이트(<https://www.oecd.org/chemicalsafety/costs-benefits-chemicals-regulation.htm>)에는 화학물질 관련 건강영향의 편익을 산정한 결과들이 업데이트되면서 제시되고 있다.

이상의 국내외 화학물질 관리를 위한 지침 및 경제협력개발기구(OECD)의 관련 사이트의 내용을 검토한 결과 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침의 개발을 위한 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있었다.

우선, ECHA(2008, 2011) 지침은 화학물질 전반에 대한 관리를 위한 사회경제성 분석의 기본틀로서 이용할 수 있지만, 산업의 사업장 환경의 특성을 반영하지는 않고 있다. 따라서 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 기본틀로 이용하되, 산업의 사업장 환경이라는 특성이 반영된 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침이 될 수 있어야 한다.

둘째, 신영철 등(2017a, 2017b, 2018, 2019)는 국내 화학물질의 전반적 관리를 위한 사회경제성 분석틀로서 이용할 수 있지만, 산업의 사업장 환경에서의 특성이 반영된 산업안전보건법 사회경제성 분석 지침이 되기에는 한계가 있다.

산업안전보건법 화학물질 관리에 따른 주요 편익 중 통계적생명가치(VSL)의 경우도 근로자로 한정된 추정치를 우선하여 적용하도록 해야 한다. 산업재해 및 산업재해 비용 관련 자료를 화학물질 관리에 따른 산업재해 회피로 인한 편익으로 활용할 수도 있다.

사회적 비용 중 준수비용은 화학물질 관리와 관련된 특정 시설 및 운영비용 등이 유사하므로, 해당 비용을 최근의 비용으로 업데이트해서 이용할 필요가 있다. 화학물질 관리에 따른 사회적 비용을 산업안전보건법 화학물질 관리

관련 사회경제성 분석에서처럼 산업계의 준수비용에 한정하지 않고, 그 외 직접비용(정부규제비용, 소비자 후생손실비용, 이전비용)과 간접비용도 포함하여야 한다.

셋째, 경제협력개발기구(OECD)에서 소개되는 최신 정보를 활용하여 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석은 현재의 한계점을 보완하고, 적용 사례 확대를 통해 계속해서 개선되어야 한다. 해당 사이트를 통해 제공되는 최근의 건강 편익의 추정치 등이 국내에서 연구된 적이 없다면, 편익이전 기법(benefit transfer method, BT)으로 국내 건강 편익으로 이용하는 방안을 검토하도록 한다.

〈표 III-6〉 국내외 화학물질의 사회경제성 분석 지침 등의 검토

구분	국내외 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침 등	검토 의견
ECHA(2008, 2011)	• 유럽연합의 화학물질 관리를 위한 REACH(신화학물질정책)을 위한 사회경제성 분석 지침서로서, 화학물질을 허가(authorisation) 및 제한(restriction)하고자 하는 경우의 사회경제성 분석 지침임 • 기존의 화학물질 관리를 위한 OECD에서 발간된 연구들을 포함하여 REACH를 위한 화학물질 관리의 사회경제성 분석을 체계적으로 분석할 수 있는 폭넓은 내용을 포함하고 있음	• 화학물질 전반에 대한 관리를 위한 사회경제성 분석의 기본틀로서 이용 가능하지만, 산업의 작업장 환경의 특성을 반영하지는 않고 있음. 따라서 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 기본틀로서 이용하되, 산업의 작업장 환경을 특성이 반영된 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침이 될 수 있어야 함
신영철 등 (2017a, 2017b, 2018, 2019)	• 국내 도입된 화평법 관련 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반을 구축한 연구로, ECHA(2008,2011)의 지침의 기본틀을 반영하고, 주요 편익에 대해서는 국내 대표값을 추정함. 특히 화학물질 관리의 주요 편익 중	• 국내 화학물질의 전반적 관리를 위한 사회경제성 분석틀로서 이용할 수 있지만, 산업의 작업장 환경에서의 특성이 반영된 산업안전보건법 사회경제성 분석 지침이 되도록 하여야 함

구분	국내외 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침 등	검토 의견
	통계적생명가치(VSL)을 메타분석, 선택실험 등의 방법으로 국내 대표값을 추정함. 또한 질병의 사회경제적 비용을 기존 연구 결과를 최근 시점으로 재산정함 • 사회적 비용 측면에서도 산업연관효과를 이용한 경제적 파급효과에 대한 내용도 포함함	• 화학물질 관리에 따른 주요 편익 중 통계적생명가치의 경우도 근로자로 한정된 추정치를 우선적으로 적용하도록 해야 함 • 산업재해 및 산업재해 비용 관련 자료를 화학물질 관리에 따른 산업재해 회피로 인한 편익으로 활용하도록 해야 함 • 사회적 비용 중 준수비용은 화학물질 관리와 관련된 특정 시설 및 운영비용 등이 유사하므로, 해당 비용을 최근의 비용으로 업데이트할 필요 있음 • 화학물질 관리에 따른 사회적 비용을 산업안전보건법 화학물질 관리 관련 사회경제성 분석에서처럼 산업계의 준수비용에 한정하지 않고, 그 외 직접비용(정부규제비용, 소비자후생손실비용, 이전비용)과 간접비용도 포함하도록 함
경제협력개발기구(OECD)의 워크숍 및 관련 사이트	• OECD의 2016년 및 2017년 워크숍을 통해 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 현재와 방향성을 모색하고자 함 • The costs and benefits of regulating chemicals 사이트에는 화학물질 관련 건강영향의 편익을 산정한 결과들이 업데이트되면서 제시되고 있음	• 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석은 현재의 한계점 보완 및 적용 사례 확대를 통해 계속적으로 개선되어야 함 • 해당 사이트를 통해 제공되는 최근의 건강편익 추정치 등이 국내에서 연구된 적이 없다면, 편익이전 기법으로 국내 건강편익으로 이용하도록 할 필요 있음

4) 산업안전보건법 화학물질의 사회경제성 분석 지침 개발 관련 시사점

이 장의 검토를 통해 산업안전보건법 화학물질의 사회경제성 분석 지침 개발을 위한 시사점을 도출하여 정리하면 다음과 같다.

우선, 사회경제성 분석은 사회후생적 관점에서의 평가를 원칙으로 하고 있으므로, 화학물질 관리를 위한 규제 등에 의한 영향의 사회후생적 변화에 초점을 맞추어 정리될 필요가 있다.

둘째, 산업안전보건법 화학물질 규제는 일반적인 화학물질 규제와의 차이점을 고려하여, 사업장 환경에서 고려될 수 있는 영향(편익) 및 비용의 특성을 반영하여 정리하여야 한다.

셋째, 국내외 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침에서는 산업재해 통계 자료를 활용하고 있지 않지만, 산업안전보건법 화학물질 관련 영향이 산업재해로 표출될 수 있으므로 산업재해 자료의 활용 여부 및 한계점 등을 검토해서 활용할 필요가 있다.

넷째, 산업안전보건법 화학물질 규제의 비용 분석이 해당 업체의 준수비용에 한정되지 않고, 산업연관분석을 활용하여 산업계의 비용 파급 영향이 있는지를 검토할 필요가 있다.

결국 화학물질 관리를 위한 기존 사회경제성 분석 지침의 기본 분석틀을 산업안전보건법의 상황과 주요 분석 내용을 고려한 기본틀로 수정 및 보완할 수 있는지를 검토할 수 있다.

화학물질 관리를 위한 기존 사회경제성 분석 지침의 경우 영향 분석에서 비용 및 편익 분석을 진행하지 않고, 결론 부분에서 영향을 화폐화하여 분석하는 방식을 제안하고 있다. 하지만, 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석에서 주요하게 이용될 비용편익분석을 고려한다면, 영향 분석에서 비용 및 편익까지 포함해서 분석하는 기본틀을 검토해 볼 수 있다.

또한, 비용 및 편익 분석 결과의 종합방법으로는 편익-비용 비율(B/C), 순현재가치(net present value, NPV) 및 내부수익률(internal rate of

return, IRR) 등을 정리하고, 그에 따른 판단 기준을 정리하는 방식의 기본틀을 검토할 수 있다. 비용편익분석(CBA) 이외에 비용효과분석(CEA) 및 다기준분석(MCA) 방법도 소개할 필요가 있다.

2. 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 주요 내용

1) 주요 편익 산정 절차 및 예시

(1) 주요 편익 항목 및 평가 방법

대상 물질 및 대체 화학물질의 제조, 수입 및 사용에서의 변화는 대상 물질 또는 대체 화학물질의 배출 및 노출에서의 변화를 일으킨다. 또한, 영향을 받는 공급망의 다른 공정, 즉 대상 물질 또는 대체 화학물질이나 기술에 관련된 상·하위 공정에서 다른 다양한 물질의 배출 및 노출의 변화로 이어질 수 있다.

공급망에서의 변화는 해당되는 공급망에서의 공정으로부터 발생하는 다양한 물질들의 배출·노출에서의 변화로 이어질 수 있다. 여기에는 에너지 이용에서 발생하는 화학물질, 물리적 요소(예컨대, 열, 폭발 등)에 의한 화학물질, 화학물질 포함 제품의 생산 및 소비 등도 포함된다.

화학물질에 의한 영향은 다음 <표 III-7> 및 [그림 III-1]에 정리되어 있듯이, 크게 건강 영향과 환경 영향으로 구분할 수 있다.

건강 영향은 질병 영향과 사망 영향으로 다시 구분할 수 있다. 질병 영향은 급성 질병 및 만성 질병으로 구분할 수도 있다. 사망 영향은 화학물질로 인한 암 발생 등으로 인한 조기사망과 연관된다. 한편 환경 영향은 생태계 손상, 서식지 파괴, 수질 저하, 대기질 저하, 토양의 질 저하 등과 관련된다.

산업안전보건법의 화학물질도 일반적인 화학물질의 영향과 동일한 방식으로 건강 및 환경에 영향을 미친다. 하지만 산업안전보건법의 화학물질은 산업의 사업장에서 발생하는 영향에 초점을 맞추기 때문에, 사업장 근로자의 건강 영향을 우선하여 고려한다. 환경 영향도 전반적인 환경보다는 사업장에서의 환경 영향에 초점을 맞춘다. 화학사고의 경우는 사업장뿐만 아니라 사업장 주

변 인근 지역까지의 환경 영향을 고려한다.

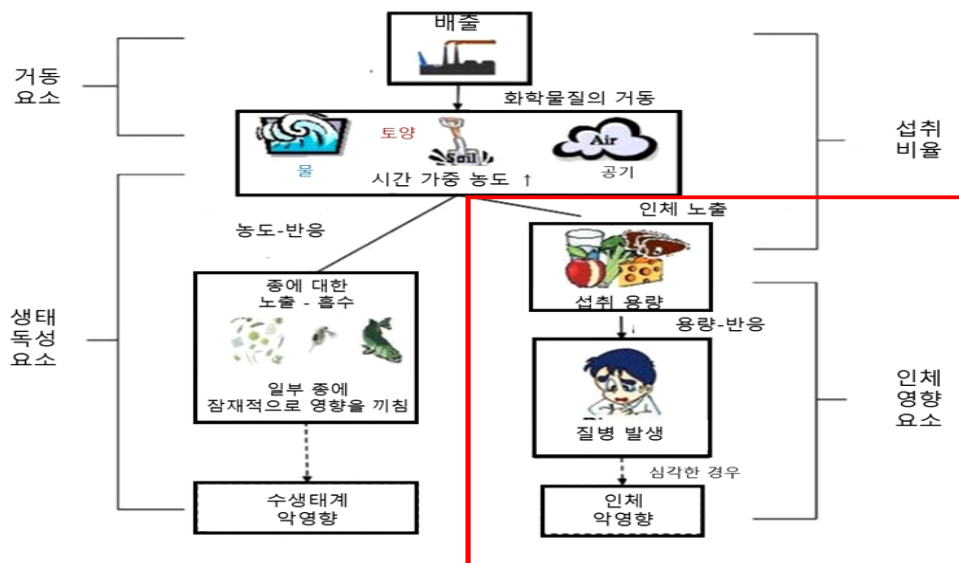
〈표 Ⅲ-7〉 건강 영향 및 환경 영향(예)

• **건강**

- 질병 발생률:
 - 급성 (예, 재채기, 피부 또는 폐 자극성)
 - 만성 (예, 천식 또는 생식 장애)
- 사망률 (예, 암으로 인한 조기 사망)

• **환경**

- 생태계 손상
- 서식지 파괴
- 수질 저하
- 대기질 저하
- 토양의 질 저하
- 기타 영향
 - 기후 변화 (온실가스 방출)
 - 물 소비
 - 환경의 경관미적 가치
- 환경 영향에 대한 복원력 및 취약성



[그림 Ⅲ-1] 화학물질 배출의 건강영향 경로

비시장재의 가치측정방법은 <표 III-8>에 나와 있듯이, 크게 시장적 방법, 현시선호법(revealed preference method, RP), 진술선호법(stated preference method, SP)으로 분류할 수 있다. 이들 세 가지 접근법은 모두 각 개인의 만족도를 극대화하기 위해 취하는 행동을 분석하여 비시장재의 편익을 추정하는 방법이다. 이와 더불어 기존 연구의 결과물을 이용하는 편익이전법(benefit transfer method, BT)도 비시장재의 가치측정방법의 하나로 생각할 수 있다.

한편 화학물질 관리에 의해 제공되는 서비스를 다른 인위적인 방식으로 대체할 때 소요되는 비용을 화학물질 관리의 편익으로 평가하는 대체비용법(replacement cost method)은 경제학적 근거가 없는 방식이다.(환경부, 2003)

〈표 III-8〉 편익 추정의 접근법

접근법	주요분석모형	적용대상
시장적 방법	• 피해함수(damage function)	• 식량, 연료, 목재, 섬유 등 생태계가 제공하는 시장적 편익 • 오염에 의한 피해
	• 생산함수(production function)	
	• 비용함수(cost function)	
현시선호법	• 휴양수요모형(recreational demand models)	• 휴양가치, 경관가치
	• 특성임금모형(hedonic wage model)	• 사망위험성 감소, 질병위험성 감소
	• 특성가격모형(hedonic price model)	• 쾌적함, 휴양가치, 경관가치
	• 회피행위모형(avoiding behavior model)	• 사망 및 질병위험성, 쾌적함, 휴양 및 경관, 생태계보존, 시설물보존
진술선호법	• 가상가치평가법/ 조건부가치평가법(contingent valuation method, CVM)	• 모든 종류의 편익
	• 가상순위평가법(contingent ranking method, CRM) 혹은 선택실험법(choice experiment)	• 모든 종류의 편익
편익이전법	• 점추정치의 편익이전 • 함수의 편익이전	• 모든 종류의 편익

시장적 방법은 평가하고자 하는 대상이 제공하는 재화나 서비스의 시장이 존재할 때 사용할 수 있다. 이때 관측되는 시장의 거래자료를 이용하여 대상의 편익을 평가할 수 있다. 일반적으로 평가하고자 하는 대상이 특정 재화나 서비스 생산의 투입요소인 경우에 주로 사용할 수 있다. 예를 들어 사업장의 화학물질 농도 감소가 사업장의 쾌적성 증가로 이어져 제품의 생산성이 증가하는 경우에 시장적 방법을 적용할 수 있다. 시장적 방법을 적용하기 위해서는 두 가지 변화를 분석하여야 한다. 첫 번째 변화는 투입요소의 변화로 인한 최종산출물의 공급량 변화인데, 이 변화는 피해함수 또는 생산함수를 추정하여 분석한다. 두 번째 변화는 첫 번째 변화로 인한 생산자와 소비자의 선택 변화와 연관되며, 이는 소비자 및 생산자의 최적화 행위를 고려하여 분석한다.

현시선폭법(RP)은 시장에서 거래되지 않는 재화에 대해 그와 연계된 시장에서 일어나는 변화를 분석함으로써, 해당 비시장재에 대한 지불의사금액을 도출하는 방법이다. 예를 들어 화학물질의 배출 관리로 하천 수질이 개선되어 하천변을 방문하는 사람들이 많아지는 경우, 사람들의 방문행위에 대한 분석을 통하여 화학물질의 배출 관리의 편익을 추정할 수 있다. 현시선폭법은 실제로 소비자들이 선택한 행위를 분석하기에 가상적 상황의 행위를 분석하는 진술선폭법보다 많은 장점이 있다. 그러나 이 접근법은 대상이 되는 비시장재의 사용과 연관된 행위의 변화를 분석하는 것이기 때문에, 해당 비시장재의 비이용가치를 측정할 수 없다는 한계가 있다.

현시선폭법은 휴양수요모형(recreational demand model)과 특성함수모형(특성임금모형(hedonic wage model) 및 특성가격모형(hedonic price model)), 회피행위모형(avoiding behavior model) 등을 포함하고 있다.

휴양수요모형은 화학물질 관리로 인해 향상된 수질의 하천가를 즐기기 위한 방문행위를 분석하여, 화학물질 관리의 편익을 도출한다. 이 모형에는 여행비용법(travel cost method)과 확률효용모형(random utility model)에 기초하고 있는 여행지역선택모형이 포함되어 있다.

특성함수모형은 특성임금모형과 특성가격모형을 포함하고 있다. 특성임금 모형은 임금함수를 분석하여 각각의 특성이 임금에 얼마나 기여하는지 추정하는 방법이다. 특성가격모형은 예컨대 주택 가격에 대한 정보를 활용하여 주택의 가치를 구성하는 다양한 특성들의 가치를 추정하는 방법이다. 화학물질 관리로 인해 주변 주택가격이 상승한 경우를 생각해 보면, 주택가격을 구성하고 있는 다양한 특성들과 함께 화학물질 관리에 따른 환경 변수를 포함하여 주택가격을 분석하면, 화학물질 관리의 편익을 추정할 수 있다.

회피행위법은 특정 위험이나 상황을 피하기 위해 개인들이 취한 예방적 수단들을 검토한다. 예를 들어, 작업장의 화학물질 노출을 피하기 위한 회피행위로 보호구 착용이나 국소배기장치 설치를 들 수 있다. 회피행위법의 이론적 출발점은 개인들이 원하지 않은 상황을 피했을 때의 편익이 회피행위에 따른 비용보다 클 경우에만 예방적 조치를 취한다는 것이다. 따라서 방어적 조치에 사용된 비용은 개인들의 지불의사금액의 추정치로 고려될 수 있다.

그러나 회피행위법을 적용할 때는 다양한 회피행동들이 여러 다른 요인들에 의해 영향을 받을 가능성이 크다는 점을 명확히 인지해야 한다. 예를 들어, 사업장의 에어컨은 에어컨의 공기 정화하는 기능도 있지만, 주로 냉방 기능 때문에 구매하게 된다. 따라서 사업장의 공기 정화에 대한 가치를 에어컨의 구매행위로부터 추정하려면, 다른 요인들에 의한 부수적 편익들의 가치와 분리하여 추정할 수 있어야 한다.

진술선호법(SP)은 가상의 상황에서 재화에 대한 개인의 지불의사금액(WTP)를 결정하는 설문조사를 통해 화학물질 관리의 가치를 평가할 수 있다. 이 경제적 가치측정 방법은 특정한 비시장재의 총가치를 파악할 수 있다. 또한, 가상의 상황은 대부분의 재화에 대해 구축될 수 있으므로, 진술선호법은 대부분의 대상에 대해 유연하게 적용될 수 있는 장점이 있다. 가장 일반적인 진술선호법에는 조건부가치측정법(contingent valuation method, CVM)과 선택실험법(choice experiment method, CE)이 있다.

조건부가치측정 설문조사는 개인이 특정 재화에 대한 지불의사금액(WTP)

을 진술하는 가상의 상황을 만든다. 예를 들어, 특정한 화학물질 관리를 위해 추가로 일정 금액의 세금(또는 기부금)을 지불할 의향이 있는지 질문한다. 응답자가 ‘예’라고 답하면, 그들의 지불의사금액이 제시된 금액 이상임을 알 수 있다. 그러나 조건부가치측정 설문조사는 가상의 질문에 대해 가상의 답변만을 유도하므로, 설문 설계와 분석엔스 전문가의 세심한 준비와 적절한 계량 모형이 필요하다.

선택실험법은 원래 마케팅 분야에서 컨조인트 분석(conjoint analysis)이라는 방법으로 개발되었고, 최근에는 환경분야에서의 가치 평가 기법으로 사용되고 있다. 선택실험법에서는 응답자들에게 2 ~ 3가지 선택대안 중에서 가장 선호하는 대안을 고르도록 요청한다. 화학물질 관리의 경우, 화학물질 관리의 주요 속성들의 수준을 변경하여 결합한 선택 대안들을 제시하고, 응답자들에게 그중에서 하나를 선택하도록 한다. 분석자는 화학물질 관리에 대한 지불의사금액을 한 가지 속성으로 포함시키고, 다른 속성들의 수준과 결합한 선택대안에 대한 응답자의 실제 선택행위를 분석한다. 이러한 분석을 통해 화학물질 관리의 다양한 속성 및 수준 간의 상충관계가 개인에게 선호되는지를 파악할 수 있다.

선택실험법에서 응답자의 인지 과정은 조건부가치측정 설문보다는 직관적이지만, 응답자들이 선택대안의 속성 및 수준을 판단해야 하므로 인지적인 어려움이 있다는 지적이 있다. 따라서 조건부가치측정법과 마찬가지로, 전문가의 세심한 설계와 분석이 필요하다.

편의이전법(BT)은 시간과 예산의 제약을 고려할 때, 새로운 가치평가 분석이 바람직하나 실행할 수 없을 때 활용되는 기법이다. 편의이전은 기존의 연구가 수행된 연구 지역(study site)의 지불의사금액 추정치를 적절히 조정하여, 관심의 대상인 정책 지역(policy site)의 지불의사금액으로 사용하는 방법이다. 일반적으로 사용되는 편의이전법에는 점 추정치 이전 방법 또는 함수이전 방법이 있다. 두 가지 방법은 기존의 단일 연구 또는 기존 연구의 메타분석(meta-analysis)에 기반하여 수행될 수 있다.

점 추정치 이전 방법은 기존 연구에서 추정된 지불의사금액의 단일 ‘점’ 추정치 또는 지불의사금액 추정치들의 평균을 활용하는 방법이다. 이 점 추정치는 연구 지역에서 비시장재의 가치에 대한 대푯값을 제공한다. 그러나, 점 추정치의 이전 방법은 소득, 연령, 교육 등과 같은 인구 특성의 차이를 고려하지 못하는 한계를 가지고 있다. 점 추정치 이전이 적절하게 이루어지려면 최소한 연구 지역과 정책 지역 간의 1인당 소득의 비율을 활용한 조정 등이 필요하다.

지불의사금액 함수는 일반적으로 응답자의 특성들, 예를 들어 소득, 연령, 교육, 재화에 대한 경험, 환경에 대한 선호 등을 독립변수로 포함하여 분석한다. 이런 지불의사금액 함수를 이용해 편익을 이전할 때, 새로운 정책 지역의 인구 특성을 고려한 지불의사금액의 조정이 가능하다. 점 추정치 편익이전은 연구 지역과 정책 지역의 인구의 특성이 유사하다는 암묵적 가정을 하고 있지만, 지불의사금액 함수를 통한 편익이전은 새로운 목표 인구의 특성을 고려한 지불의사금액의 명시적 조정이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

(2) 화학물질 관리에 의한 건강 편익

가) 화학물질에 의한 건강영향의 경로

화학물질에 의한 건강영향은 다양한 질병 발생률 또는 질환율(morbidity)을 증가시키고, 조기사망률(premature mortality)에도 영향을 미친다고 알려져 있다. 화학물질은 일반적으로 다음 다섯 가지 경로를 통해 사람들의 건강에 영향을 미치며, 그로 인해 사람들의 후생(welfare)이 감소한다.

- 첫 번째, 화학물질로 인해 발생한 질병을 치료하기 위한 의료비용, 여기에는 치료를 받기 위해 소요된 시간의 기회비용도 포함된다.
- 두 번째, 임금의 손실분,
- 세 번째, 화학물질로 인해 발생하는 질병을 예방하기 위한 방어적 혹은 회피적 비용의 지출,
- 네 번째, 증상으로 인한 불쾌감 등의 비효용(disutilities)과 여가활동 기회의 상실,
- 마지막으로, 기대수명 혹은 조기 사망 위험의 변화.

여기서 다섯 번째 경로가 사망률(또는 사망 위험)과 관련되고, 나머지 네 가지 경로는 질병 발생률 또는 질환율(또는 질병 위험)과 연관되어 있다. 국내외 화학물질 관련 건강 편익은 이상과 같은 건강 영향 경로를 고려하여 사망률과 질환율로 구분하여 평가하는 방향이 주를 이루고 있다. 사망 및 질환을 공통 지표로 평가하는 연구들도 진행되고 있지만, 건강 영향을 두 가지 범주로 구분하여 평가하는 방식이 주로 많이 이용되고 있다.

나) 건강영향 편익의 산정 방법¹⁾

1) Lvovsky et al. 2000. Environmental Costs of Fossil Fuels에서 발췌·인용한 내용으로 작성한 신영철 등(2017a)의 내용을 수정 및 보완 작성하였다.

비시장재(non-marketed goods)인 건강영향에 대한 지불의사금액(WTP)은 주로 두 가지 방법으로 추정할 수 있다. 첫 번째는 진술선호법(SP)으로, 설문조사를 통해 개인에게 직접 질문하는 방식이다. 두 번째는 현시선호법(RP)으로, 개인들의 실제 선택을 관찰하여 지불의사금액(WTP)을 추정하는 방법이다. 또한, 기존 연구 결과를 보정하여 활용하는 편익(가치)이전 방법도 있다.

(가) 진술선호법

진술선호법은 가상의 상황에서 재화에 대한 개인들의 지불의사금액(WTP)을 도출하는 설문조사를 하여 질환율(morbidity) 및 사망률(mortality)에 대한 가치를 평가하는데 사용된다.

이 경제적 가치측정 방법은 회피된 사망 또는 특정한 건강 효과의 총 가치를 추정하기에 유용하다. 하지만 이러한 설문조사를 실시하고 적절한 비용 자료를 찾기 위해서는 상당한 재원이 필요하다. 가상의 상황은 대부분의 가치평가 시나리오에 적용할 수 있다. 그러나 이러한 결과들은 설문의 가상적 상황 등으로 인해 때때로 논란의 여지가 있다. 진술선호법 중 가장 일반적인 방법은 조건부가치평가(contingent valuation, CV) 조사와 컨조인트 분석(conjoint analysis, CA)(또는 실험선택법(choice experiment, CE))이다.

① 조건부가치측정법

조건부 가치측정(CV) 설문조사는 개인이 재화에 대한 지불의사금액(WTP)을 진술하는 가상의 상황을 구축한다. 예를 들면, 설문에서 특정 화학물질의 20% 감소로 만성 기관지염 발생 건수가 12% 감소하는 배출 감소 계획에 대해 추가로 15,000원의 세금을 지불할 의사가 있는지 묻는다. 만약 ‘예’라고 응답한다면, 그 응답자의 지불의사금액이 15,000원 이상임을 알 수 있다.

그러나 조건부가치측정(CV) 설문조사는 가상의 질문에 대해 가상의 답변을 유도하기 때문에, 종종 논란의 여지가 있다. 따라서 조건부가치측정에 관한

전문가에 의한 세심한 설문 설계와 적절한 계량 모형에 의한 분석이 필요하다.

② 컨조인트 분석(또는 선택실험법)

컨조인트 분석은 원래 마케팅 분야에서 개발되었으며, 최근에는 환경 분야에서 가치평가 기법으로 활용되고 있다. 컨조인트 설문조사에서는 응답자들에게 2~3개의 선택대안을 순위를 매기거나, 그중에서 가장 선호하는 것을 선택하도록 요청한다. 컨조인트 분석은 두 가지 질병 시나리오를 비교하도록 요청할 수 있다. 예를 들어, 응답자들은 다음의 두 가지 중에서 선택하도록 요청될 수 있다.

〈표 III-9〉 컨조인트 분석(선택실험법)의 선택대안 예시

시나리오 1	시나리오 2
• 약간 숨쉬기 어려운 상태에서 3일간 요양 • 기침을 회복하는데 집에서 7일 • 비용 없음	• 하루의 요양 • 집에서 회복하는데 4일 • 25만원의 비용

분석자는 비용과 상황의 특성을 바꾸어 가면서 금액, 질병, 시간 및 다른 요소들 간의 어떤 상충관계가 사람들에게 선호되는지를 찾아낼 수 있다. 컨조인트 분석에서 응답자의 반응은 조건부가치측정 설문보다 더 직관적으로 이해할 수 있다. 그러나 설문 자료에서 단위 추정치를 추정하는데 필요한 통계적 가정들 때문에, 일부 경제학자들은 CV 결과와 유사한 우려를 제기하고 있다. 따라서, 조건부가치측정법과 마찬가지로 전문가에 의한 세심한 설계와 분석이 필요하다.

(나) 현시선호법

현시선호법은 가상의 상황을 사용한 직접적인 설문조사를 하지 않고, 대신 실제 시장 거래와 관찰된 행위를 통해 개인들의 지불의사금액(WTP)을 추정하려고 한다. 결과적으로, 경제학자들은 논란의 여지가 적다고 판단되는 현시선호법을 진술선호법보다 더 선호하는 경향이 있다. 일반적으로 사용하는 현시선호법에는 회피행위법(averting behavior method)과 헤도닉함수법(hedonic function method) 등이 있다.

① 회피비용법

회피행위법은 개인들이 특정 건강 위험 또는 조기 사망 위험을 회피하기 위해 취한 예방적 조치들을 검토한다. 대기로 배출되는 화학물질의 피해를 회피하기 위한 행위로는 보호구 착용이나 국소배기장치 설치 등이 있을 수 있다. 또한, 수계로 배출되는 화학물질의 피해를 회피하기 위한 행위로는 시판용 생수 구입이나 정수기 설치 등이 있다.

건강과 관련한 회피행위의 이론적 기반은, 건강 편익이 건강을 상실했을 때의 비용보다 클 경우에만 예방 조치를 취한다는 것에 근거한다. 따라서, 방어적 조치를 위해 소비한 비용은 개인들의 지불의사금액의 추정치로 간주한다.

② 헤도닉 함수법

헤도닉 모형은 재화에 대해 개인들이 부여하는 순 가치를 구성 요소들의 가치로 분해한다. 예를 들어, 주택의 총가치는 위치, 상태, 방과 화장실의 수, 토지 면적, 건축 시기 등에 의해 결정된다. 다양한 특성을 가진 수많은 주택 거래 정보를 통계적으로 분석하면, 각 주택 특성에 대한 공공의 지불의사금액을 추정할 수 있다. 이처럼 다른 직업의 특성과 임금을 분석하면, 직업의 특성에 대한 가치를 추정할 수 있다.

회귀분석을 이용한 헤도닉 임금-위험 연구는 임금 수준과 직업 관련 위험의 관계를 통해 사망 위험을 회피하기 위한 근로자들의 지불의사금액을 추정

할 수 있다. 예를 들어, 석탄 광산 근로자와 육상에서 유사한 일을 하는 건설 근로자의 임금을 비교하면, 사망 위험의 변화에 대한 가치를 통계적으로 분리할 수 있다.

일반적으로, 직업적 위험은 환경적 위험과 상당히 다르다. 주요한 차이 중의 하나는 직업적 위험은 종종 사실상 외상성(예: 낙상, 자동차 사고)이지만, 환경적 위험은 대개 장기적인 잠복기간을 가진다. 즉각적인 위험을 감소시키기 위한 가치는 잠복 위험을 감소시키기는 데 부여하는 가치와는 일반적으로 다르다. 또한, 직업적 위험은 자발적 수용과 관련이 있으며, 안전 주의 등을 통해 위험을 조절하는 것이 가능하다. 반면, 환경적 위험은 비자발적이고 회피하기 어렵다. 게다가 근로자 외에도 어린이와 노인 등을 포함한 사람들에게 영향을 줄 수 있다.

따라서 임금-위험 연구는 유용한 정보를 제공하지만, 환경적 위험에 의한 변화의 가치를 평가하는 데는 제한적이다. 그러나 임금-위험 연구는 치명적 위험의 가치를 추정하는 가장 일반적인 방법이다. 이는 널리 사용할 수 있고, 경제학자들이 일반적으로 선호하는 현시선호법에 기반을 두고 있기 때문이다. 또한, 임금-위험 연구는 근로자의 작업 위험의 가치 추정에 가장 적합한 방법이다.

(다) 자원비용법

감소된 질병과 사망의 사회적 편익의 가치를 추정하는 또 다른 방법은 질병과 사망으로 인한 상실하게 된 기회비용을 측정하는 것이다. 이 추정치는 질병 또는 질병의 위험에 대한 행동 대응, 고통과 괴로움의 가치는 포함하지 않는다. 그래서 이 자원비용법은 지불의사금액의 대응변수일 뿐이며, 일반적으로 하한 추정치로 간주된다. 자원비용법에는 의료비용법(cost of illness, COI)과 인적자본접근법(human capital approach, HCA)이 널리 사용된다.

① 의료비용법

의료비용법(COI)은 사람들이 질병을 피하기 위해 적어도 질병 치료비용만큼은 지불할 의향이 있을 것이라는 가정에 기반하여, 질병의 가치를 추정하는 방법이다. 의료비용은 주고 두 가지 요소(즉, 의료비 지출과 상실된 소득)를 포함한다. 의료비 지출은 질병 기간 동안 개인의 치료에 사용된 모든 의료 자원과 관련이 있다. 이에는 입원병상과 치료, 병원 직원의 서비스 비용 등이 포함된다. 의료비 지출은 개인 또는 보험회사 중 누가 비용을 지불하든 모두 포함된다. 상실된 소득은 일일 임금과 상실한 노동일수를 사용하여 계산된다. 의료비용은 개인의 고통과 피로움을 포함하지 않으므로, 일반적으로 지불의 사금액을 과소평가한다.

② 인적자본접근법

인적자본접근법(HCA)는 상실한 소득으로 조기 사망의 가치를 추정하여 사망률의 가치도 평가한다. 즉, 조기에 사망하지 않았을 경우에 얻었을 소득의 현재가치를 추정하는 것이다. 인적자본접근법은 상실한 소득에 의존하기 때문에, 사망시의 나이, 취업률, 평균 소득 수준, 기대 수명과 같은 변수들에 의해 크게 영향을 받는다. 예를 들면, 인적자본접근에 따르면 노인들은 최소한의 소득이거나 미래 소득이 없기 때문에, 일반적으로 낮은 가치를 갖는 것으로 평가된다. 실업자나 어린이의 경우도 노인과 유사하다. 또한 선진국은 그 이외의 국가에 비해 매우 높은 사망의 가치를 갖게 되므로, 다소 논란이 있는 방법이다.

(라) 편익이전법

일반적으로 국내의 기존 연구 결과로부터 편익이전을 하는 경우에는 물가조정만 거치면 되고, 이때 물가지수로는 소비자물가지수 또는 GDP 디플레이터 등을 일반적으로 이용한다.

〈표 Ⅲ-10〉 국내 연구 결과의 편익이전 방식

$$\text{건강의 단위편익}_T = \text{건강의 단위편익}_O \times (P_T/P_O)$$

O : 원래 기준 연도

T : 업데이트하고자 하는 연도

P_t : t기의 물가지수

I_t : t기의 실질 소득

한편 해외 연구 결과를 국내로 편익이전하기 위해서는 구매력 평가지수(purchasing power parity, PPP) 환율(또는 일반적 환율) 및 1인당 GDP 비율 등을 고려해서 산정한다.

〈표 Ⅲ-11〉 국가간 연구 결과의 편익이전 방식

$$\text{건강의 단위편익(한국, } t) = \text{건강의 단위편익(해외 사례, } t) \times R_{adj}$$

$$R_{adj} = \frac{PPP(t)_{\text{한국}}}{PPP(t)_{\text{해외 사례}}} \times \frac{1\text{인당 } GDP(t)_{\text{한국}}}{1\text{인당 } GDP(t)_{\text{해외 사례}}}$$

PPP: 구매력 평가지수

1인당 GDP : per capita GDP

다) 건강 개선 편익의 이론적 기초

(가) 근로자의 사망위험 감소 편익

근로자의 사망위험 감소 편익의 이론적 기초는 근로자의 효용함수에서 출발한다. 근로자의 간접효용함수(indirect utility function)는 아래와 같다.

$$v(y, Z, q) \tag{1-1}$$

여기서 y 는 개인의 소득, Z 는 시장재의 가격, 시장재의 속성, 기타 선호와 관련된 개인의 특성 등을 포함하는 독립변수들의 벡터, q 는 비시장재(non-market goods)이다.

이때 $q^1 > q^0$ 로서 q^1 은 q^0 보다 화학물질 규제로 인하여 조기사망 위험이 감소된 상태라고 가정하면, 아래와 같은 관계가 성립한다.

$$v(y, Z, q^1) > v(y, Z, q^0) \quad (1-2)$$

화학물질 규제로 인한 조기사망 위험 감소에 대한 보상잉여(compensating surplus)를 CS라고 하면, 다음의 식을 만족한다.

$$v(y - CS, Z, q^1, \epsilon) = v(y, Z, q^0, \epsilon) \quad (1-3)$$

여기서 이 보상잉여 CS는 q^0 에서 q^1 로의 변화(즉, 화학물질 규제에 의한 조기사망 위험 감소)를 위한 최대 지불의사금액(maximum WTP)이다.

조기 사망 위험 감소를 위한 지불의사금액은 통계적생명가치(VSL)로 환산되어 이용된다. 통계적생명가치(VSL)는 특정한 집단에게 적용되는 사망가능성 감소를 위해 개인들이 지불하고자 하는 금액의 총액이기도 하다. 이때는 특정한 집단의 총지불의사금액($\sum_i^N WTP_i$)을 총사망확률의 변화분($\Delta R \times N$)으로 나누어 계산한다.

$$\text{통계적생명가치(VSL)} = \frac{\sum_i WTP_i (\text{사망 위험 감소에 대한 지불의사금액})}{\Delta R (\text{사망 위험 감소의 크기}) \times N} \quad (1-4)$$

여기서 N 은 대상 인구의 수이며, ΔR 은 사망 위험의 변화(즉, 사망확률의 변화분)이다. WTP_i 는 사망 위험 즉, 사망확률의 감소를 위한 개인들의 지불

의사금액이다.

예를 들어, 근로자 1만명이 일하고 있는 작업장에 화학물질 규제로 인하여 근로자의 사망 위험이 1/10,000 만큼씩 감소한다고 하자. 이 규제를 위해 개인들이 10만원을 지불할 의사가 있다고 한다면, 통계적생명가치(VSL)는 10만명의 지불의사금액(10억원 = 10만원 × 1만명)을 총사망확률($1 = 1/10,000 \times 10,000$)로 나눈 값인 10억원이다. 이는 개인의 지불의사금액 10만원을 사망위험의 감소분 1/10,000으로 나누어도 동일하게 10억원이 산정된다.

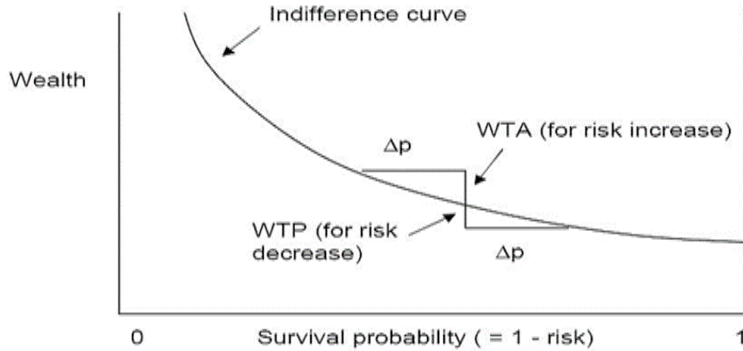
이때 총사망확률 1명은 근로자 1만명이 일하는 작업장에서 해당 정책으로 사망자가 줄어드는 숫자라고 볼 수 있다. 이 사망자는 불특정인이기 때문에, 특정 집단에서의 통계적 생명으로 해석할 수 있다. 따라서 근로자의 통계적생명가치(VSL)은 근로자 집단의 사전적으로 불특정 통계적 사망자 1명을 감소시키기 위해 지불하고자 하는 금액으로 해석할 수 있다.

한편 근로자의 통계적생명가치(VSL)를 한 근로자의 관점에서 해석하면, 특정 정책으로 인한 매우 작은 사망확률 변화에 어느 정도의 가치를 부여하는지와 관련된다. 근로자 개인의 관점에서는 매우 작은 사망확률의 변화를 위한 가치를 의미하는 것일 뿐, 명시적인 자신의 사망 회피를 위한 지불의사금액과는 다르다.

근로자의 통계적생명가치(VSL)는 특정 근로자의 사망에 따른 사후적인(ex post) 경제적 가치가 아니고, 특정 정책에 의한 사망확률의 변화에 대한 사전적(ex ante) 가치 부여와 관련된다.

[그림 III-2]에 따르면, 통계적생명가치(VSL)은 생존 확률(survival probability) 증가에 대한 지불의사금액(WTP)로 해석할 수 있다. 또한 생존 확률의 감소에 대한 수용의사금액(willingness to accept, WTA)와도 이론적으로는 거의 동일한 값을 알 수 있다.

$$VSL \approx \frac{WTP}{\Delta p} \approx \frac{WTA}{\Delta p}$$



[그림 III-2] 통계적 인간생명가치의 의미

(나) 근로자의 질병위험 감소 편익²⁾

근로자의 질병위험 감소 편익은 근로자의 일반적인 효용함수에 건강상태와 관련되는 ‘이환(罹患) 정도’ S 를 포함하도록 설정하는데서 출발한다. 근로자의 건강과 관련 없는 집계 재화(aggregate goods)(X)의 소비 및 여가(L)가 증가하면, 근로자의 효용은 일반적으로 커진다. 반면에 근로자가 생산하는 건강상태의 일종인 ‘이환(罹患) 정도’ S 는 주어진 기간에 특정 질병으로 보낸 시간과 더불어 질병의 심한 정도까지 반영한다고 가정한다. 따라서 S (즉, 이환 정도)가 증가하면 개인의 효용은 감소한다. 이때 대표적 근로자의 효용함수는 다음과 같다.

$$U = U(X, L, S; Z_u) \quad (2-1)$$

2) 신영철 등(2017b)의 내용을 작업장에서 화학물질에 노출되는 근로자의 질병위험 감소 상황으로 재정리하였다.

여기서 Z_u 는 소득, 여가 및 건강 관련 근로자의 선호 특성이 반영된 벡터이다.

한편 화학물질의 일정 농도 수준 P 는 근로자의 효용에 영향을 직접 주지 않고, 근로자의 ‘이환 정도’ S 를 통해서만 효용에 영향을 간접적으로 준다. 화학물질의 일정 농도 수준과 ‘이환 정도’ S 의 관계는 농도-반응 함수(concentration-response function)나 투약-반응 함수(dose-response function)와 같다.

$$S = S(P, Z_D) \quad (2-2)$$

여기서 Z_D 는 근로자의 특성 벡터로서 화학물질의 일정 농도에 노출되는 것을 회피하기 위한 사전적 행동과 관련된 요소 및 건강상태 등을 포함한다.

만약 화학물질의 일정 농도에 대한 노출을 줄여서 질병을 회피하고자 하는 근로자의 회피행동(A)을 반영하면, 농도-반응 함수는 아래와 같다.

$$S = S(P, A ; Z_D) \quad (2-3)$$

여기서 $\partial S / \partial A < 0$ 이고, $\partial S / \partial P > 0$ 이 성립한다.

이때 근로자는 효용을 극대화하기 위해 여가(L), 집계 재화(X) 및 회피행동(A)을 다음의 제약식을 충족하도록 선택한다.

$$y + w[T - L - W(S(P, A))] = X + P_M M(S(P, A)) + P_A A \quad (2-4)$$

이 식에 의하면 근로자는 시간을 노동과 여가에 배분하고, 자신의 소득을 재화 소비, 의료 행위(M) 및 회피행동(A)에 지출한다. 여기서 y 는 근로소득을 제외한 소득이다. 그리고 의료행위 관련 지출은 이환 정도(S)와 회피행동(A)에 의해 결정된다. 이때 의료행위 한 단위의 가격은 P_M 이고, 회피행동 한 단

위의 가격은 P_A 이다. 집계 재화의 가격은 1로 정규화한다. 이환 정도(S)는 근로자의 근로 가능 시간을 감소시키기 때문에, 예산제약식에 포함된다. (2-4)식에서 질병으로 인한 노동손실시간은 $W(\cdot)$ 로 표시되고, w 는 시간당 임금이 다.

화학물질에 노출로 인한 건강 악화의 경제적 비용은, 화학물질의 노출로 발생할 부정적 건강효과를 회피하기 위한 지불의사금액(WTP)이다. 이 지불의사금액은 화학물질의 노출 농도 감소로 인하여, 일정한 금액을 지불해도 현재와 동일한 효용 수준을 유지해 주는 금액이다. 따라서 화학물질의 노출 수준 감소로 인한 부정적 건강효과를 회피하기 위한 근로자의 지불의사금액은 다음의 식을 만족한다.

$$V^*(y - WTP, w, p_M p_A, P_1) = V^*(y, w, p_M p_A, P_0) \quad (2-5)$$

여기서 V^* 는 간접효용함수(indirect utility function)이고, P_0 는 화학물질의 최초 농도 수준이고 P_1 은 화학물질의 변화된 농도 수준이다. 이때 $P_0 > P_1$ 이면, 화학물질의 농도 수준 감소를 의미한다. 즉, 화학물질에 노출되는 농도가 감소(즉, 개선)한다는 것을 의미한다. 여기서 지불의사금액(WTP)은 양의 값이다.

화학물질의 농도 감소에 따른 질병 감소를 위한 지불의사금액(WTP)은 아래와 같이 표현된다.

$$WTP = w \frac{dW}{dP} + P_M \frac{dM}{dP} + P_A \frac{\partial A^*}{\partial P} - \frac{U_S}{\lambda} \cdot \frac{dS}{dP} \quad (2-6)$$

이때 A^* 는 회피행동(A)에 대한 수요함수이므로, $\partial A^* / \partial P$ 는 화학물질의 농도 변화에 대한 회피행동의 최적 조정수준(optimal adjustment of A)으로 해석할 수 있다.

이 식에 따르면 근로자의 화학물질의 농도 수준 감소에 대한 지불의사금액(WTP)은 소득의 상실분($w \frac{dW}{dP}$)과 의료비용($P_M \frac{dM}{dP}$)과 함께 회피행동비용($P_A \frac{\partial A^*}{\partial P}$)도 포함되어 있을 뿐만 아니라, 질병의 비효용(즉, 불편함)도 소득의 한계효용으로 나누어져 화폐액으로 환산($-\frac{U_S}{\lambda} \cdot \frac{dS}{dP}$)되어 포함되어 있다(Alberni and Krupnick, 2000).

의료비용법이나 회피행위접근법으로는 화학물질로 인한 건강 영향을 회피하기 위한 지불의사금액을 과소평가하게 됨을 알 수 있다(Harrington and Portney, 1987; Courant and Porter, 1981). 왜냐하면 의료비용법과 회피행위접근법은 근본적으로 질병의 불편함의 가치 등을 포함하지 않고 있기 때문이다. 따라서 식 (2-6)은 아래와 같이 정리된다.

$$\begin{aligned} WTP &= \frac{dS}{dP} \cdot \left[w \frac{dW}{dS} + p_M \frac{dM}{dS} + p_A \frac{dA^*}{dS} - \frac{U_S}{\lambda} \right] \\ &= \left\{ \frac{dS}{dP} \cdot \left(w \frac{dW}{dS} \right) \right\} + \left\{ \frac{dS}{dP} \cdot \left(p_M \frac{dM}{dS} \right) \right\} + \left\{ \frac{dS}{dP} \cdot \left(p_A \frac{dA^*}{dS} \right) \right\} + \left\{ \frac{dS}{dP} \cdot \left(- \frac{U_S}{\lambda} \right) \right\} \quad (2-7) \end{aligned}$$

일반적으로 의료비용법(COI)은 질병에 의한 근로소득의 상실분과 질병 치료 의료비용을 포함한다. 이는 식 (2-7)의 우변에 있는 첫 번째와 두 번째 항에 해당할 뿐이다.

라) 건강 편익의 추정치

(가) 근로자의 사망 특성별 통계적생명가치(VSL)

신영철 등(2021)에서 추정하여 제시한 최근 5년간(2015년~2019년) 근로자 통계적생명가치(VSL)의 이동평균은 16.42억원(95% 신뢰구간 15.63 ~

17.21억원)이다.

〈표 III-12〉 2015~2019년 근로자의 통계적생명가치(VSL)

구분	통계적생명가치(VSL)(백만원, 2020년)		
	추정치	95% 하한	95% 상한
사망	1,642	1,563	1,721

한편 신영철 등(2022)에서 분석된 질병사망 관련 통계적생명가치(VSL) 및 사고사망 관련 통계적생명가치(VSL)를 신영철 등(2021)에서 분석된 2019년 근로자의 통계적생명가치(VSL)인 27.31억원(95% 신뢰구간 26.10 ~ 28.52억원)과의 비교를 위해 다음 〈표 III-13〉에 정리한다. 2019년 근로자의 통계적생명가치(VSL)는 질병 또는 사고로 사망할 위험을 모두 포함한 경우에서 도출된 추정치이다.

〈표 III-13〉 2019년 근로자의 사망 및 사망특성별 통계적생명가치(VSL)

구분	통계적생명가치(VSL)(백만원, 2020년)		
	추정치	95% 하한	95% 상한
사망	2,731	2,610	2,852
질병사망	1,016	759	1,274
사고사망	3,515	1,099	5,931

2019년 근로자 통계적생명가치(VSL) 대비 사망특성별 통계적생명가치(VSL)의 배율을 구하면, 질병사망 관련 통계적생명가치(VSL)는 0.372 및 사고사망 관련 통계적생명가치(VSL)는 1.287이다. 즉, 근로자의 질병사망 관련 통계적생명가치는 근로자 통계적생명가치(VSL)의 37.2% 수준이고, 근로자의 사고사망 관련 통계적생명가치(VSL)는 근로자 통계적생명가치(VSL)의 128.7% 수준이다. 따라서 근로자의 사망위험을 질병 사망위험 및 사고 사망

위험으로 구분할 수 있다면, 사망 특성별로 추정된 통계적생명가치(VSL)를 적용해야 함을 알 수 있다. 왜냐하면, 질병사망 관련 통계적생명가치(VSL)와 사고사망 관련 통계적생명가치는 약 3.5배의 차이가 있기 때문이다. 이러한 차이는 95% 신뢰구간에서는 하한값의 경우는 1.4배 수준이고, 상한값의 경우는 4.7배 수준이다.

〈표 Ⅲ-14〉 2019년 근로자의 VLS 대비 사망특성별 VSL의 배율

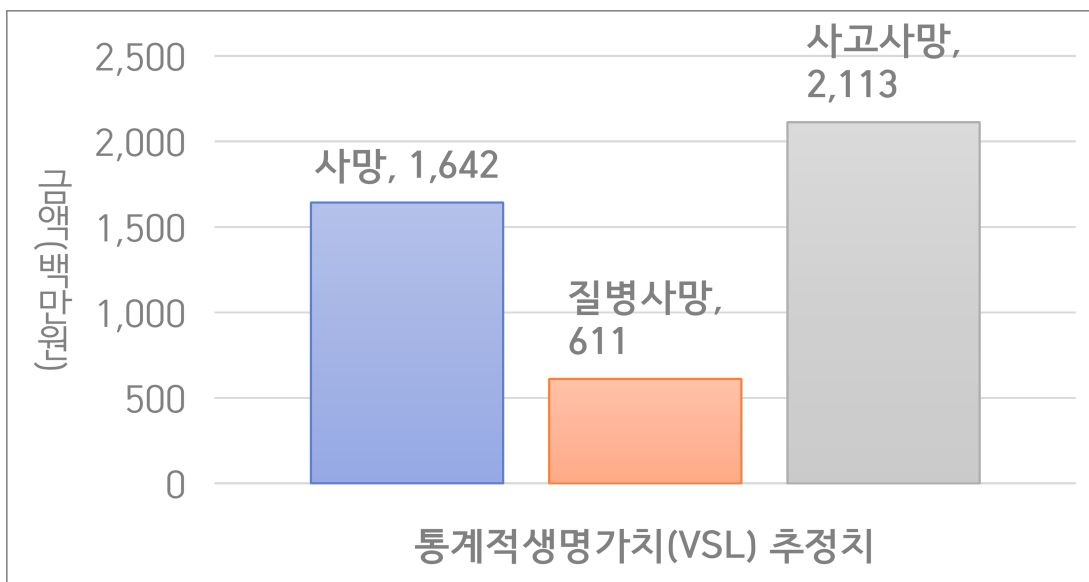
구분	사망 VSL 추정치 대비 배율		
	추정치	95% 하한	95% 상한
사망 VSL	1.000	1.000	1.000
질병사망 VSL	0.372	0.291	0.447
사고사망 VSL	1.287	0.421	2.080

여기서 최근 5년간 근로자 통계적생명가치(VSL)의 이동평균값에 대해 2019년 자료를 분석하여 파악한 근로자 통계적생명가치(VSL)와 근로자의 사망특성별 통계적생명가치(VSL)의 배율 정보를 적용한다. 그 결과 질병사망 관련 통계적생명가치(VSL)는 6.11억원(95% 신뢰구간 4.54 ~ 7.68억원)이고, 사고사망 관련 통계적생명가치(VSL)는 21.13억원(95% 신뢰구간 6.58 ~ 35.78억원)이 산정된다.

〈표 Ⅲ-15〉 2012~2019년 질병사망 및 사고사망 관련 통계적생명가치(VSL) 산정

구분	통계적생명가치(VSL)(백만원, 2020년)		
	추정치	95% 하한	95% 상한
사망	1,642	1,563	1,721
질병사망	611	454	768
사고사망	2,113	658	3,578

신영철 등(2021)에서 산업안전보건법 규제영향분석에서 사망 위험의 감소 편익을 측정하기 위한 근로자의 통계적생명가치(VSL)를 16.42억원(95% 신뢰 구간 15.63 ~ 17.21억원)으로 이용하도록 제안하였다. 본 연구에서 추정한 질병사망 관련 통계적생명가치(VSL) 및 사고사망 관련 통계적생명가치(VSL)는 2019년에 한정하여 추정된 결과이므로, 향후 다년도 분석 등을 통해 추정치의 안정성이 확인되면 산업안전보건법 규제영향분석 특히, 화학물질 규제의 건강 편익 분석에 활용되었으면 한다.



[그림 III-3] 근로자의 사망 특성별 통계적생명가치(VSL)

(나) 질병의 사회경제적 비용을 이용한 근로자의 건강 편익³⁾

본 연구에서는 질병의 사회경제적 비용을 검토하기 위해 국민건강보험 건강보험정책연구원(2017)의 『건강보장정책 수립을 위한 주요 질병의 사회경제적 비용 분석』을 검토한다. 이 보고서에서 질병의 사회경제적 비용을 의료비용법(cost of illness, COI)에 근거하여 직접비와 간접비로 구분하여 분석하였다.

직접비는 병의 치료를 위해 의료기관의 입원과 외래진료, 그리고 약국의 이용으로 발생하는 직접의료비(direct medical costs)와 병의 치료를 위해 의료기관 등을 방문하면서 발생하는 부대비용인 직접비의료비(direct non-medical costs)를 포함한다. 직접비의료비는 입원환자의 간호비용과 입원이나 외래진료 시 환자 자신과 가족이 지출하는 교통비용이 포함된다. 간접비는 병으로 인한 조기사망으로 생기는 미래의 소득 손실과 병의 치료를 위해 의료기관을 방문하면서 직장을 결석함으로써 일어나는 생산력 손실액을 포함한다. 비용 항목에 따른 실제 분석에 사용된 비용 항목의 세부 변수와 자료 출처(출판 기관) 자료는 아래 표에 정리되어 있다.

〈표 III-16〉 연구에 이용하는 비용항목별 세부 변수 및 자료원

구분		항 목	세부 변수	자료원(발간기관)
직 접 비	직접 의료비	급여 부문	성·연령·질병별 입원·외래·약국 부문의 총진료비	건강보험 빅데이터 (국민건강보험공단), 질병별 및 사회경제적요인별 의료비 규모 추정 연구 (국민건강보험공단), 건강보험환자 진료비 실태조사 (국민건강보험공단)
		비급여 부문	성·연령·질병별 입원·외래·약국 부문의 총진료비, 질병군별 입원·외래·약국 부문의 총진료비 대비	

3) 신영철 등(2018, 2022)에서 국민건강보험 건강보험정책연구원(2017)의 74~82쪽을 인용한 내용을 필요한 부분에 대해 수정 및 재정리하였다. 자세한 내용은 국민건강보험 건강보험정책연구원(2017)을 참조할 수 있다.

구분	항 목	세부 변수	자료원(발간기관)
		비급여본인부담금 비율	
	직접 비의료비	간병비 성·연령·질병별 입원일수, 간병인 이용률, 일평균 간병비	건강보험 빅데이터 (국민건강보험공단), 한국의료패널조사 (국민건강보험공단·한국보건사회연 구원), 소비자물가조사(통계청) 간병인협회 자료
		교통비 성·연령·질병별 입원 및 외래방문일수, 평균왕복교통비	
간 접 비	조기사망에 따른 미래소득 손실액	성·연령·질병별 사망자수, 생존율, 고용률, 연평균임금, 명목임금상승률, 명목이자율(할인율),	사망원인통계(통계청), 생명표(통계청), 경제활동인구연보(통계청), 고용형태별근로실태조사 (고용노동부), 거시지표 장기재정전망 보고서 (한국개발연구원)
	의료이용에 따른 생산성 손실액	성·연령·질병별 입원일수 및 외래방문일수, 고용률, 일평균임금	건강보험 빅데이터 (국민건강보험공단), 경제활동인구연보(통계청), 고용형태별근로실태조사(고용노동 부)

출처: 국민건강보험 건강보험정책연구원(2017), 75쪽

직접비 중 직접의료비에 대해 분석할 때는, 건강보험 빅데이터를 활용하여 성·연령·질병별 입원·외래·약국 부문에서의 총진료비 자료를 사용했다. 총진료비는 급여비(보험자부담금)와 법이 정한 환자본인부담금의 합으로 이루어져 있다. 그러나 건강보험제도에서 급여하지 않는 비급여 항목에 대해서는 건강보험의 빅데이터를 통해 그 규모를 파악하는 것이 불가능하다는 한계가 있다. 2015년 기준으로 건강보험 비급여 본인부담률을 산정하기 위해 이옥희 등(2016) 및 서남규 등(2013)의 연구를 참조하였다.

직접비 중 직접비의료비인 간병비와 교통비를 계산하기 위해, 건강보험 빅데이터를 분석하여 성·연령·질병별 입원 및 외래 방문일수 자료를 활용했다.

간병비는 질병 치료를 위해 의료기관에 입원할 때 전문 간병인의 인건비

또는 보호자가 직접 돌볼 경우 해당 시간에 대한 보호자의 기회비용으로 볼 수 있다. 따라서 간병비는 건강보험 빅데이터를 활용하여 주요 질병군별 입원 일수를 산출하고, 여기에 각 연도별 입원 시 간병인 이용률, 일평균 간병인 인건비를 곱하는 방식으로 간병비를 추정했다.

교통비는 주요 질병군별 의료기관 입원 및 외래방문일수에 입원 및 외래 방문 1회당 발생하는 평균 왕복교통비를 곱하여 추정했다. 2008~2013년의 입원 및 외래 방문 1회 시의 평균 왕복교통비는 한국의료패널 원시자료를 분석하여 이용했다.

간접비 중 조기사망에 따른 미래소득 손실액은 주요 질병군별 사망자 수에 사망 다음 해부터 평균 수명까지의 기간에 대한 1인당 인적 손실액을 계산하여 곱하는 방식으로 추정했다. 이를 위해 이 연구에서는 통계청의 「사망원인 통계」 원시자료를 확보하여 성·연령·질병별 사망자 수를 산출했다. 또한, 사망 다음 해부터 평균 수명까지 발생하는 총소득인 1인당 인적 손실액은 사망 다음 해부터 평균 수명까지의 매해 통계청 「생명표」 생존율, 「경제활동인구연보」의 고용률, 고용노동부의 「고용형태별근로실태조사」의 연평균 명목임금, 한국개발연구원 거시지표 장기재정전망의 명목임금 상승률 및 명목이자율(할인율) 등의 자료를 이용하여 분석하였다.(국민건강보험 건강보험정책연구원, 2017)

질병 치료를 위해 의료기관을 방문하면서 직장에서 결근으로 인한 생산성 손실액은 건강보험 빅데이터를 활용하여 주요 질병군의 입원 및 외래 방문일수를 계산하고, 이에 「경제활동인구연보」의 고용률, 「고용형태별근로실태조사」 보고서에서의 일평균 임금 자료를 곱하는 방식으로 추정했다. 이때, 외래를 이용한 경우와 입원한 경우의 생산성 손실의 차이를 고려하기 위해, 입원 1일과 외래 3일의 비생산 양(시간)이 동일하다는 가정을 통해 외래일수의 1/3을 입원일수와 합쳐 비생산일수를 계산했다.

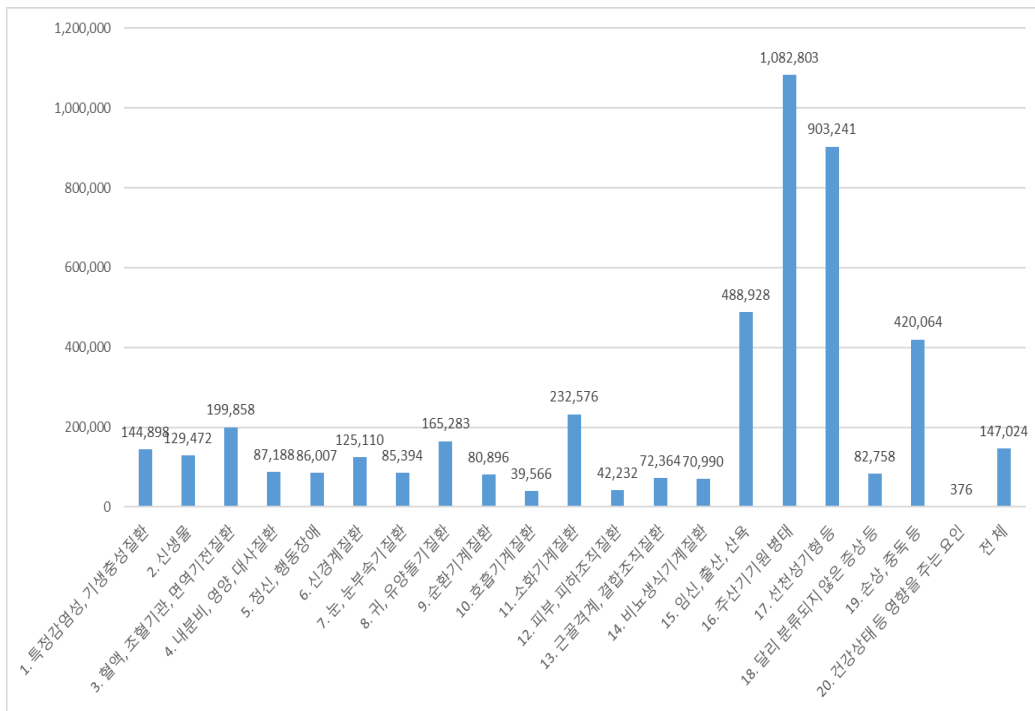
결과적으로, 2006년부터 2015년까지의 10년간 20대 대분류 질병군의 1인당 평균 사회경제적 비용을 2020년 기준으로 산정하기 위해 소비자물가지

수를 고려하고, 이를 비용 항목별로 구분하면 다음과 같다. 질병 1인당 평균 사회경제적 비용은 37.6만원 ~ 10억 8,280만원으로 질병군별로 큰 차이가 있지만, 조기사망에 의한 손실액이 대부분의 비용을 차지하고 있음을 확인할 수 있다.

〈표 III-17〉 20대 대분류 질병의 사회경제적 비용(2020년 기준 환산, 천원)

20대 대분류 질병군	직접비			간접비		사회경제적 비용 합계
	의료비	간병비	교통비	조기사망에 의한 손실액	의료비용 에 의한 생산성 손실액	
1. 특정감염성, 기생충성질환	152	14	8	144,668	55	144,898
2. 신생물	1,887	172	67	127,048	297	129,472
3. 혈액, 조혈기관, 면역기전질환	410	14	9	199,368	57	199,858
4. 내분비, 영양, 대사질환	438	33	20	86,550	147	87,188
5. 정신, 행동장애	1,084	605	223	83,030	1,065	86,007
6. 신경계질환	538	118	47	124,213	194	125,110
7. 눈, 눈부속기질환	116	2	4	85,234	38	85,394
8. 귀, 유양돌기질환	120	5	7	165,102	49	165,283
9. 순환기계질환	813	105	47	79,724	207	80,896
10. 호흡기계질환	102	7	7	39,404	46	39,566
11. 소화기계질환	182	7	7	232,314	67	232,576
12. 피부, 피하조직질환	90	3	6	42,074	59	42,232
13. 근골격계, 결합조직질환	291	23	17	71,905	128	72,364
14. 비뇨생식기계질환	347	16	11	70,528	88	70,990

15. 임신, 출산, 산욕	1,033	136	50	487,487	222	488,928
16. 주산기기원 병태	978	148	54	1,081,622	1	1,082,803
17. 선천성기형 등	984	70	29	902,095	64	903,241
18. 달리 분류되지 않은 증상 등	139	7	5	82,566	40	82,758
19. 손상, 중독 등	241	40	19	419,635	129	420,064
20. 건강상태 등 영향을 주는 요인	259	30	15	0	71	376
전 체	1,332	147	81	144,960	505	147,024



[그림 Ⅲ-4] 20대 질병의 사회경제적 비용(2020년 기준, 천원)

20대 대분류 질병군의 사회경제적 비용은 일반 국민을 대상으로 한 산정 결과이므로, 근로자의 질병 위험 감소의 편익 평가에 적용할 수 있다. 하지만 일반적으로 일반 국민과는 다른 근로자의 질병 특성으로 일반 국민으로부터 도출된 질병군의 사회경제적 비용이 과소평가될 여지도 있다고 생각할 수 있다. 따라서 산업재해 급여 등과 같이 근로자의 질병과 직접적으로 관련되는 비용과 비교하여, 적절성을 검토한 뒤에 적용하는 과정이 필요하다.

또한 사망 위험과 질병 위험을 구분할 수 있는 경우에는 조기사망에 의한 손실액을 포함한 질병의 사회경제적 비용을 적용할 수도 있지만, 사망 위험 관련해서는 국민건강보험 건강보험정책평가연구원(2017)이 이용하고 있는 인적자본접근법(HCA, human capital approach)에 의한 조기사망에 의한 손실액보다는 근로자의 통계적생명가치(VSL)를 이용하는 방법이 적절하다고 볼 수 있다. 따라서 사망 위험과 질병 위험을 구분할 수 있을 때는 질병군의 사회경제적 비용에 제시된 비용에서 조기사망에 의한 손실액을 제외한 질병군의 사회경제적 비용을 질병 위험 감소 편익 산정에 적용하는 방법을 이용할 수 있다.

한편 현재 제시된 20대 대분류 질병군의 분류보다도 세분화된 질병군별 사회경제적 비용을 이용하고자 하는 경우는 신영철 등(2022)의 부록에 제시하고 있는 298개 중분류에 의한 질병군의 사회경제적 비용(국민건강보험 건강보험정책연구원, 2017)을 소비자물가지수를 이용하여 2020년 기준으로 산정한 비용을 이용할 수 있다.

(다) 산업재해 급여 정보를 이용한 근로자의 건강 편익 산정⁴⁾

산업재해 급여의 연도별 현황은 산업재해 수급자의 수와 산업재해 급여 총액과 더불어 급여종류별로도 수급자의 수와 급여 총액 정보를 제공하고 있다. 2017년 산업재해 수급자수는 약 28.4만명에서 증가하여 2019년에는 약 32.0만명 수준에 이르고 있다. 한편 산업재해 급여 총액도 2017년 약 4.44조원에서 증가하여 2019년에는 약 5.53조로 증가하고 있다.

산업안전보건법 화학물질 규제에 따른 건강 편익 산정에서 산업재해 급여 현황 자료로부터 산업재해 1인당 급여액을 산정하여 산업재해의 직접 손실비용으로 고려하였다. 또한 산업재해 1인당 급여액과 하인리히 방식 등을 적용한 편익 산정 방식이 산업안전보건법 화학물질 규제의 편익 산정에 오랫동안 이용되었다.

산업재해 급여는 산재 발생 이후 지급되는 급여로 사후적 보상의 성격을 가지고 있기에, 사전적 산재 위험(즉, 사망 위험 및 사망 제외 재해 위험) 감소를 목표로 하는 산업안전보건법 화학물질 규제의 편익 산정에 그대로 적용하기는 어렵다. 하지만 사망 제외 재해의 경우 산업재해 급여는 의료비 및 임금 상실 등을 포함하고 있기에, 의료비용법에 의한 산업재해 비용이라고 파악할 수 있다. 또한 사망 재해의 경우 산업재해 급여는 재해 당시 소득 수준과 연계되어 지급되기 때문에, 인적자원 접근에 의한 사망 관련 손실비용과 연관성을 갖는다. 따라서 산업재해 급여 현황 자료로부터 산업안전보건법 화학물질 규제에 따른 건강 편익 산정에 활용할 수 있는 방안을 검토한다.

우선, 산업재해 급여 현황으로부터 산정되는 1인당 급여액을 사망 및 사망 제외 재해로 구분하여 분석하고자 한다. 왜냐하면 화학물질 규제에 따른 사회경제성 분석의 국내외 동향에서 언급되었듯이, 건강 편익 중 사망 감소로 인한 편익과 질병 감소로 인한 편익의 차이가 매우 크게 나타나기 때문이다.

4) 본 연구의 선행연구인 신영철 등(2022)의 92~96쪽을 본 연구의 목적을 위해 인용하였다.

〈표 III-18〉 산업재해 급여종류별 연도별 현황

급여종류별		2017		2018		2019	
		수급자 수 (명)	금액 (백만원)	수급자 수 (명)	금액 (백만원)	수급자 수 (명)	금액 (백만원)
총계		283,514	4,436,038	297,239	5,033,901	320,184	5,529,360
요양급여		195,407	843,741	207,456	1,015,138	225,665	1,085,076
휴업급여		110,979	921,179	125,162	1,107,405	137,309	1,319,085
상병보상연금		4,400	152,640	4,192	154,101	3,943	148,720
장해급여	소계	93,407	1,832,568	96,493	1,998,758	101,942	2,157,725
	일시금	31,334	494,310	33,467	557,839	38,097	636,432
	연금	62,098	1,338,258	63,060	1,440,918	63,875	1,521,293
유족급여	소계	27,272	589,255	28,842	656,225	30,328	710,174
	일시금	1,003	108,999	1,190	122,974	1,145	123,639
	연금	26,702	480,256	28,237	533,251	29,714	586,535
장의비		2,218	27,751	2,565	32,268	2,470	31,838
유족특별급여		0	0	1	212	0	0
간병급여		5,383	54,897	5,365	54,966	5,273	53,633
직업재활급여		3,088	14,007	3,042	14,828	3,688	23,108

2017년~2019년 산업재해 급여액을 2020년 기준 금액으로 산정하기 위하여 소비자물가지수를 이용하여 조정 계수를 산정하면, 다음 〈표 III-19〉과 같다. 예컨대, 2017년의 산업재해 급여액에 소비자물가지수를 이용해 산정된 조정계수 1.0241를 곱하여, 2020년 금액으로 산정할 수 있다.

〈표 III-19〉 소비자물가지수 및 2020년 기준 산정을 위한 조정계수

구분	2017	2018	2019	2020
소비자물가지수	97.645	99.086	99.466	100
2020년 기준 산정을 위한 조정계수	1.0241	1.0092	1.0054	1.0000

해당 연도의 명목금액으로 정리된 산업재해 급여액 현황을 소비자물가지수

를 활용하여 2020년 기준 금액으로 산정한 뒤, 1인당 산재급여액, 1인당 사망 산재급여액 및 1인당 사망 제외 산재급여액으로 산정하였다.

이때 1인당 산업재해 급여액은 산재급여액 총액을 산재 수급자 수로 나누어 계산된다. 3년 동안(2017~2019년)의 1인당 산업재해 급여액 평균은 2020년 기준 금액으로 1,683만원이었다.

$$1인당 산업재해 급여액 = \frac{\text{산업재해 급여총액}}{\text{산업재해 총수급자수}}$$

한편 1인당 사망 산재급여액은 사망으로 인한 유족급여 중 일시금과 유족특별급여를 합산하여 해당 수급자 수로 나누어 계산한 금액에, 1인당 장의비를 합산하여 산정하였다. 유족급여 중 연금의 경우는 일정 기간 지불되는 방식이기에 특정 연도의 중간에 수급 자격이 끝나는 경우 또는 특정 연도에 연금이 어느 정도 진행되었는지가 1인당 유족급여 중 연금총액에 영향을 주기 때문에, 1인당 사망 산재급여액 산정에서 제외하고 산정하였다. 3년 동안(2017~2019년)의 1인당 사망 산업재해 급여액 평균은 2020년 기준 금액으로 1억 2,090만원이었다.

1인당 사망 산업재해 급여액

$$= \frac{\text{유족급여 중 일시금} + \text{유족특별급여}}{\text{유족급여 중 일시금 및 유족특별급여 수급자수}} + \frac{\text{장의비}}{\text{장의비 수급자수}}$$

1인당 사망 제외 산재급여액은 산업재해 급여 총액에서 사망 관련 급여액(즉, 사망과 관련된 유족급여(일시금 또는 연금), 유족특별급여 및 장의비)를 제외한 금액을 산업재해 수급자 수에서 사망 관련 수급자수(즉, 유족급여 수급자 수와 유족특별급여 수급자 수의 합)를 제외한 값으로 나누어 산정하였다. 이때 장의비 수급자 수를 산정 방식의 분모에 포함하지 않은 이유는 장

의비는 유족급여 또는 유족특별급여를 받는 수급자 중의 일부라고 판단하였기 때문이다. 3년 동안(2017~2019년)의 1인당 사망 제외 산업재해 급여액 평균은 2020년 기준 금액으로 1,607만원이었다.

1인당 사망 제외 산업재해 급여

$$= \frac{\text{산업재해 급여총액} - \text{사망 관련 급여액}}{\text{산업재해 총수급자 수} - \text{사망 관련 수급자 수}}$$

여기서, 사망관련 급여액 = 사망과 관련된 유족급여+유족특별급여+장의비이고, 사망 관련 수급자 수 = 유족급여 수급자 수 + 유족급여 특별급여 수급자 수이다.

〈표 III-20〉 산업재해의 1인당 사망 산재급여액 및 사망 제외 산재 급여액

구분	2017	2018	2019	평균
1인당 산재 급여액 (원/인)	16,023,992	17,091,753	17,362,033	16,825,926
1인당 사망 산재 급여액(원/인)	124,107,197	117,081,525	121,520,949	120,903,224
1인당 사망 제외 산재 급여액(원/인)	15,263,458	16,338,833	16,604,965	16,069,085

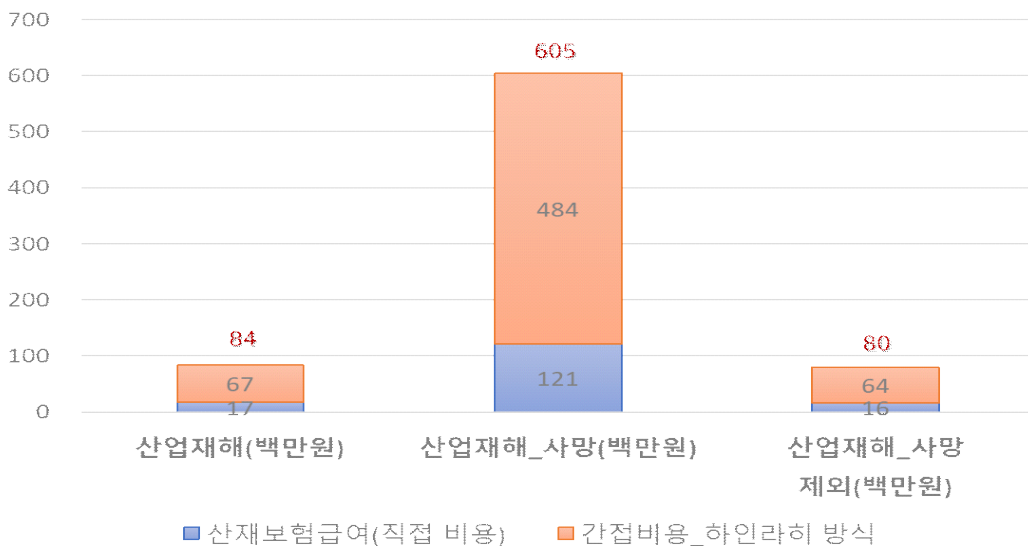
이제 1인당 산재 급여액, 1인당 사망 산재 급여액 및 1인당 사망 제외 산재 급여액을 산업재해의 직접비용으로 고려하고, 하인리히 방식에 따라 직접비용의 4배를 산업재해의 간접비용으로 반영한다. 그 결과 1인당 산업재해 총비용은 8,400만원이고, 1인당 사망 산업재해 총비용은 6.05억원, 1인당 사망 제외 산업재해 총비용은 8,000만원으로 산정된다.

이는 1인당 산업재해 총비용을 기준으로 1인당 사망 산업재해 총비용은 7.19배이고, 1인당 사망 제외 산업재해 총비용은 0.96배이다. 즉, 1인당 사망 제외 산업재해 총비용은 1인당 산업재해 총비용과 크게 차이가 나지

만, 1인당 사망 산업재해 총비용은 매우 큰 차이를 보여준다. 따라서 산업재해 비용에 근거한 방식으로 산업재해의 총비용을 산정하는 경우에도 사망과 사망 제외 산업재해를 구분해서 평가할 필요가 있음을 의미한다. 왜냐하면 1인당 사망 산업재해 총비용을 1인당 산업재해 총비용으로 평가하는 경우는 사망 산업재해 총비용을 크게 과소평가하기 때문이다.

〈표 Ⅲ-21〉 산업재해 급여액을 이용한 산업재해 총비용 산정

구분	산재보험 급여 (직접비용) (a)	간접비용 (하인라히 방식) (b)	산업재해 총비용 (c=a+b)	산업재해 대배 배율 (배)
산업재해 (백만원/인)	17	67	84 (c_1)	1.00 ($\frac{c_1}{c_1}$)
사망 산업재해 (백만원/인)	121	484	605 (c_2)	7.19 ($\frac{c_2}{c_1}$)
사망 제외 산업재해 (백만원/인)	16	64	80 (c_3)	0.96 ($\frac{c_3}{c_1}$)



[그림 Ⅲ-5] 산업재해 급여에 의한 사망 및 사망 제외 재해의 손실비용

(라) 산업재해 급여와 질병의 비용을 결합한 근로자의 건강 편익 산정⁵⁾

앞서 소개된 질병의 사회경제적 비용과 산업재해 급여를 이용하여 산정한 산업재해의 총비용 정보를 결합하여, 근로자의 건강 편익을 산정하고자 한다.

산업재해 급여 정보를 이용한 근로자의 건강 편익은 산업재해에 대한 급여액을 직접비용으로 파악하고, 하인리히 방식에 의해 직접비용의 4배를 간접비용으로 인정하였다. 이렇게 산정된 산업재해(사망 또는 질병)의 직접비용과 간접비용의 합으로 총비용을 산정하였다. 이렇게 산정된 산업재해 수급자 1인당 총비용은 8,400만원인데, 여기에는 질병뿐만 아니라 사망 관련 비용까지 포함된 것이다.

한편 질병의 조기사망 손실액을 포함한 사회경제적 비용은 1인당 1억 4,702만원이다. 이 질병의 사회경제적 비용은 사망을 포함한 질병의 사회경제적 비용이기 때문에, 고려하는 건강 영향의 비용의 범위를 고려할 때 산업재해 1인당 총비용과 다르지 않다고 볼 수 있다. 단지 산업재해 1인당 총비용은 근로자에 한정되어 발생하는 산업재해로 인한 사망을 포함한 질병의 총비용이다.

〈표 III-22〉 질병의 사회경제적 비용(2020년 기준, 백만원)

직접비				간접비			사회경제적 비용 합계
의료비	간병비	교통비	소계	조기사망에 의한 손실액	의료비용에 의한 생산성 손실액	소계	
1,332	147	81	1,560	144,960	505	145,465	147,024

산업재해 급여를 이용해 산정한 산업재해 수급자 1인당 총비용 8,400만원과 1인당 질병의 사회경제적 비용 1억 4,400만원을 비교하면, 질병의 사회경

5) 본 연구의 선행연구인 신영철 등(2022)의 97~99쪽을 본 연구의 목적을 위해 인용하였다.

제적 비용이 산업재해 급여를 이용해 산정한 총비용보다 1.75배 큰 값이다. 따라서 산업재해 급여 정보를 이용해 산정한 산업재해 수급자 1인당 총비용은 질병의 사회경제적 비용을 고려할 때 과소평가되고 있다고 해석할 수 있다.

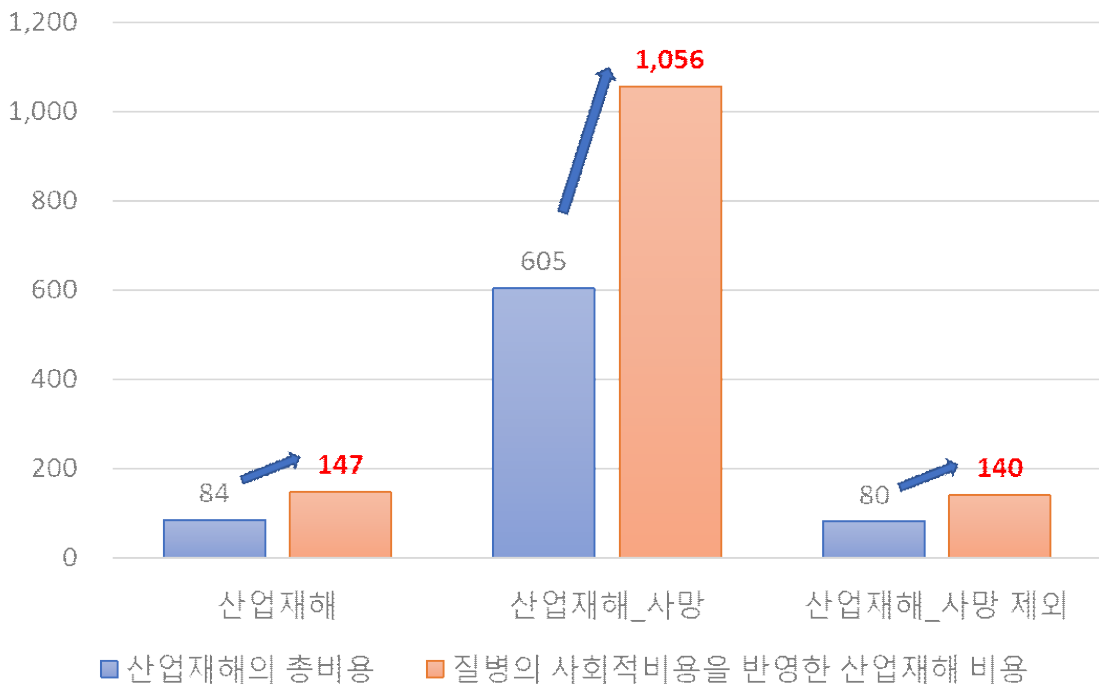
〈표 Ⅲ-23〉 질병의 사회경제적 비용 대비 산업재해 급여 산정 비용의 비교

구분	산업재해 급여 이용 산정 비용 (a)	질병의 사회적비용 (b)	질병의 사회경제적비용의 산업재해 급여 이용 산정 비용 대비 배율 (b/a)
산업재해 비용(백만원)	84	147	1.75

산업재해 1인당 총비용 대비 질병의 사회경제적 비용의 배율 1.75를 앞서 산정된 산업재해별 총비용에 곱하여, 질병의 사회경제적 비용을 반영한 산업재해 1인당 총비용을 산정한다. 그 결과 산업재해 수급자 1인당 총비용은 8,400만원에서 1억 4,700만원으로 증가한다. 또한, 사망 산업재해 수급자 1인당 총비용은 6억 500만원에서 10억 5,600만원으로 증가하고, 사망 제외 산업재해 수급자 1인당 총비용은 8,000만원에서 1억 4,000만원으로 증가한다.

〈표 Ⅲ-24〉 질병의 사회경제적 비용을 반영한 산업재해 총비용의 재산정

구분	산업재해	산업재해_사망	산업재해_사망 제외
산업재해의 (총)비용 (백만원/인)	84	605	80
산업재해 비용의 질병의 사회적비용 대비 배율 (배)	1.75	1.75	1.75
질병의 사회적비용을 반영한 산업재해 비용 (백만원/인)	147	1,056	140



[그림 III-6] 질환의 사회경제적 비용을 반영한 산업재해 급여에 의한 손실비용

결과적으로 산업재해 급여 정보를 이용해 산정한 산업재해 1인당 총비용의 과소평가를 질병의 사회경제적 비용 정보를 이용해 보정하면, 앞서 산정된 산업재해 1인당 총비용을 1.75배 증가시킨 금액으로 평가해야 한다.

(마) DALY 및 QALY를 이용한 건강 편익 산정 검토

건강 영향 평가를 위해 사용되는 건강 지표에는 장애보정생존년수(DALY) 및 질보정생존년수(QALY)가 있다. 이 두 건강 지표는 사망 및 질병의 두 가지 측면을 모두 고려하는 지표이다.

① 장애보정생존년수(DALY) 개요

장애보정생존년수(DALY)는 1993년 세계보건기구, 세계은행의 지원으로 하버드 보건대학원이 개발한 건강 지표로, 조기사망과 비치명적인 건강 결과

인 장애가 인구집단에 미치는 부담 측정을 목표로 한다.

장애보정생존년수(DALY)는 조기사망으로 인한 생존년수의 손실년수(years of life lost, YLL)와 질병으로 인한 장애에 따른 건강년수의 상실(years lost due to disability, YLD)의 합계로 정의된다.

$$DALY_i = YLL_i + YLD_i$$

i : 특정 질병 또는 상해

1 DALY는 질병이나 상해로 인한 조기사망 또는 질병 이후에 발생한 장애로 인하여 상실된 건강년수가 1년이라는 뜻이다. 따라서 DALY가 크면 클수록 이상적인 건강수준과 격차가 큰 것이며 질병부담은 그만큼 늘어나게 된다(안정훈 등, 2010)

이때 조기사망으로 인한 생존년수의 상실(YLL)을 추정하기 위한 함수식은 다음과 같다.

$$YLL = \frac{KCe^{ra}}{(\gamma + \beta)^2} [e^{-(\gamma + \beta)(L+a)} [-(\gamma + \beta)(L+a) - 1] - e^{-(\gamma + \beta)a} [-(\gamma + \beta)a - 1]] + \frac{1-K}{\gamma} (1 - e^{-\gamma L})$$

a : 사망시 연령

L : a 연령에서의 표준 기대여명

r : 할인율

β : 연령가중치 파라미터(0.04)

K : 연령가중치 조정인자(연령에 따른 가중치를 사용하는 경우는 1, 사용하지 않는 경우는 0)

C : 전체 질병부담의 크기를 변화시키지 않기 위한 상수(0.1658)

한편 질병으로 인한 장애에 따른 건강년수의 상실(YLD)을 추정하기 위한 함수식은 다음과 같다.

$$YLD = D \left\{ \frac{KCe^{ra}}{(\gamma + \beta)^2} [e^{-(\gamma + \beta)(L+a)} [-(\gamma + \beta)(L+a) - 1] - e^{-(\gamma + \beta)a} [-(\gamma + \beta)a - 1]] + \frac{1-K}{\gamma} (1 - e^{-\gamma L}) \right\}$$

a: 장애가 시작된 연령

L: 장애기간

r: 할인율

β : 연령가중치 파라미터(0.04)

K: 연령가중치 조정인자(연령에 따른 가중치를 사용하는 경우는 1, 사용하지 않는 경우는 0)

C: 전체 질병부담의 크기를 변화시키지 않기 위한 상수(0.1658)

DALY는 국가 수준의 질병 및 장애로 인한 부담과 사망으로 인한 부담을 단일한 척도로 나타내주기 때문에 활용도가 높다.

② 질보정생존년수(QALY) 개요

한편 질보정생존년수(QALY)는 삶의 양적인 측면과 질적인 측면을 하나의 숫자로 결합하기 위한 시도로 개발되었다. QALY는 각 건강상태의 기간에 해당 건강상태에 대한 질 가중치를 곱하여 산정한다.

$$QALY = \text{삶의 질(가중치)} \times \text{생존기간}$$

삶의 질 가중치는 각 건강상태가 개인에게 주는 효용의 정도를 표현한 것

으로, 각 건강상태에 대한 상대적 선호도를 완전한 건강은 1, 죽은은 0으로 하는 구간척도 상에서 측정한 값이다. 질 가중치를 측정하는 방법은 다양한 방법이 있으며, EQ-5D와 같은 도구를 이용하는 방법과 VAS(visual analogue scale), TTO(time trade-off) 등을 이용하여 직접 측정하는 방법이 있다.

연령 a 에서 질 보정 기대수명(quality-adjusted life expectancy, QALE)은 다음과 같다.

$$QALE = \sum_{t=a}^{a+L} Q_t$$

L : 연령 a 에서 잔여 기대수명

t : 기대수명 범위 안에서의 개인의 연령

이때 시간선호를 반영하여 할인하면 할인된 질 보정 기대수명(discounted QALE)은 다음과 같다.

$$discounted\ QALE = \sum_{t=a}^{a+L} \frac{Q_t}{(1+r)^{t-a}}$$

r : 할인율

일반적으로 QALY는 특정 중재를 통해 개선된 질 보정 기대수명을 평가하기 위해 많이 사용된다. 이때 특정 중재를 i 라고 하면, 개선된 QALY는 다음과 같다.

$$QALY\ gained = \sum_{t=a}^{a+L^i} \frac{Q_t^i}{(1+r)^{t-a}} - \sum_{t=a}^{a+L} \frac{Q_t}{(1+r)^{t-a}}$$

Q_t^i : i 중재 후 t 시점에 대해 예측된(또는 관찰된) 건강 관련 삶의 질
($a \leq t \leq a+L$)

L : 유병기간

L^i : 중재로 인해 편익 또는 부작용이 있는 기간

이 식에서 오른쪽은 연령 a 에서 i 중재 후의 할인된 질 보정 기대수명(discounted QALE)에서 중재가 없는 경우의 할인된 질 보정 기대수명을 뺀 것이다.

③ 기존 연구의 DALY(장애보정생존년수)의 경제적 가치⁶⁾

DALY의 경제적 가치를 산정하는 방법에는 여러 가지가 있으며, 이에는 의료비용을 DALY로 나눠서 계산하는 방법, 통계적생명가치(VSL)를 사용하는 방법, 일반적인 경험법칙(rule of thumb)을 응용하는 방법이 있다.

첫 번째로, 의료비용을 이용하는 방법은 특정 질환의 관점에서 DALY의 경제적 가치를 산정하는 방식과 국민 경제 전체의 관점에서 DALY의 경제적 가치를 산정하는 방식으로 나뉜다. 이와 관련하여 국내에서 실시된 연구로는 이은환(2015)의 『우리나라의 천식으로 인한 질병부담 및 경제적 비용』과 환경부(2016)의 『화학법령 도입에 따른 경제적 비용/편익 분석 연구』가 있다.

이은환(2015) 연구는 천식의 질병부담 즉, DALY와 경제적 비용을 산정한 연구로, 특정 질환으로 인한 DALY의 경제적 가치를 추정한 연구이다.

반면에 환경부(2016)의 연구는 국민의료비를 우리나라 총 DALY로 나누는 방식을 통해 1 DALY의 경제적 가치를 산정했다. 이 연구에 따르면, 2010년 1 DALY의 경제적 가치는 약 1,666만원으로 계산되었다. 이때, 우리나라 총 DALY를 산정하기 위해 배상철(2005)의 연구 결과를 참조하였다.

6) 임영옥 등(2021)의 82~84쪽을 일부 수정하여 인용하였다.

〈표 III-25〉 과거 총장애보정생존년수(DALY)와 국민의료비 추이

연도	총인구 (인)	총장애보정년 수 (DALY)	국민의료 비 (조원)	단위 의료비용 (만원/DALY)	단위 의료비용 증가율(%)
2001	48,021,543	4,822,804	32.9	682	21.1
2002	48,229,948	4,843,734	35.4	731	7.1
2003	48,386,823	4,859,489	39.7	817	11.8
2004	48,583,805	4,879,272	43.4	889	8.9
2005	48,782,274	4,899,204	49	1,000	12.4
2006	48,991,779	4,920,244	55	1,118	11.8
2007	49,268,928	4,948,078	61.4	1,241	11.0
2008	49,540,367	4,975,339	66.3	1,333	7.4
2009	49,773,145	4,998,717	73.7	1,474	10.6
2010	48,580,293	4,878,919	81.3	1,666	13.0

출처: 임영욱 등(2021), 82쪽

따라서 의료비용을 DALY의 경제적 가치 산정에 활용하는 방식은 대체로 지출된 의료비용에 근거하므로, DALY의 경제적 가치 중 하한값으로 간주될 수 있다. 이는 질병을 회피하는 편익에서 의료비 지출은 편익 항목의 일부 항목이기 때문이다.

다양한 질환을 고려해야 하는 상황에서는 국민 전체의 관점에서 산정된 DALY의 경제적 가치를 활용하는 방법이 적합하다. 그러나 특정 질환으로 건강 영향이 제한된다면 해당 질환과 관련된 DALY의 경제적 가치를 산정하는 방식이 적절하다.

두 번째 DALY의 경제적 가치 산정 방법은 통계적생명가치(VSL)를 활용하는 방법이며, 이는 Pearce and Kounouri(2003)에서 제안되었다. 일반적으로 조기 사망 위험의 경제적 가치로부터 도출된 통계적생명가치(VSL) 추정치는 많지만, DALY의 경제적 가치 추정치는 거의 없다. 그래서 통계적생명가치(VSL)가 도출된 대상 집단의 평균 기대수명이 약 10년이라는 점을 고려하여, 통계적생명가치(VSL)를 10으로 나눈 값을 DALY의 경제적 가치로 사용

하는 방식이다.

국내에서 실시된 통계적생명가치(VSL) 연구의 추정치는 다음 표와 같다.

〈표 III-26〉 국내 통계적생명가치(VSL)의 주요 연구

근거 연구	사망 위험의 종류	통계적 인간생명가치(VSL) 추정치 (95% 신뢰구간)	비고
신영철(2008)	암 사망 가능성	3억 2,110만원 (1억 6,055만원 ~ 6억 4,219만원)	• 회피행위법
신영철(2007)	다양한 사망 가능성	11억 2,800만원 ~ 18억 3,300만원	• 전국조사 • 선택실험법
신영철·조승현 (2003)	환경정책에 의한 미래 사망 가능성	4억 6,600만원 (3억 3,900만원 ~ 5억 9,400만원)	• 서울지역 • 조건부가치측 정법

출처: 임영옥 등(2021), 83쪽

이 통계적생명가치(VSL)를 활용하여 산정한 DALY의 경제적 가치는 2015년 기준으로 4,635만원 ~ 2억 336만원이다. 이는 이전에 의료비용에 근거한 DALY의 경제적 가치보다 대략 3 ~ 12배 정도 높다.

세 번째 방법은 일반적인 경험법칙을 사용하여 DALY의 경제적 가치를 산정하는 방식으로, 이는 1인당 국내총생산(GDP)의 1~3배로 산정한다. 이 방식을 사용하여 2015년 기준으로 우리나라의 DALY의 경제적 가치를 산정하면, 약 3,250만원 ~ 9,750만원으로 추정된다. 상한과 하한의 평균인 즉, 1인당 국내총생산(GDP)의 2배에 해당하는 DALY의 경제적 가치는 약 6,500만원이다.

따라서 국내 기존 DALY의 경제적 가치를 검토하면, 국민 의료비를 이용한 방식으로 산정한 1,666만원에서 통계적생명가치(VSL)을 이용한 추정치인 약 2억원까지의 범위를 보인다.

④ 기존 연구의 QALY(질보정생존년수)의 경제적 가치

QALY의 경제적 가치를 계산하는 두 가지 주요 방법은 진술선호법을 활용한 추정법과 통계적생명가치(VSL)를 활용한 방법이 있다. 이에 대한 국내 연구는 안정훈 등(2010)과 신호성 등(2010)의 연구가 대표적이다.

안정훈 등(2010)의 연구는 삶의 질 측정도구인 EQ-5D 및 VAS(시각보조 도구)를 이용한 조건부가치추정법(CVM)이라는 진술선호법을 사용하였다. 이 연구 결과 EQ-5D를 활용했을 때 QALY의 경제적 가치는 1,115만원 ~ 2,127만원으로, VAS 기준에 따르면 1,900만원으로 산정되었다. 이후에 「보건의료 의사결정에서 비용-효과성에 관한 아시아 공동연구」(2011)에서 발표된 자료에 따르면, CVM 개방형 설문을 기반으로 한 결과 QALY의 경제적 가치는 3,050만원(95% 신뢰구간 2,050만원 ~ 4,028만원)으로 추정되었다.

신호성 외(2010) 연구는 Lasher(2007)의 방법을 적용하여, 통계적생명가치(VSL)를 전체 인구의 질 보정 수명으로 나누어 QALY의 경제적 가치를 산정하였다. 또한, 이 연구에서는 QALY를 365(일)로 나누어 QALD(quality adjusted life day, 질보정생존일수)의 경제적 가치도 함께 제시하였다. 이 방법으로, 국내 통계적생명가치(VSL) 추정 연구 5편에서 얻은 인구 전체 질 보정 수명(43.12년)으로 나누어 산정한 QALY의 경제적 가치는 744만원 ~ 3,433만원이었다. 그리고 이 결과를 바탕으로 계산한 QALD의 경제적 가치는 20,394원 ~ 94,067원으로 나타났다.

〈표 III-27〉 QALY의 연간 가치와 QALD(quality adjusted life days)의 평균 가치

저자(년도)	VSL (백만원)	평균 QALY	QALY의 연간 가치 (천원)	QALD의 평균 가치 (원)
엄영숙 등(1997)	451	43.12	10,459	28,655
신영철 등(2003)	466		10,807	29,608
이용진 등(2004)	364		8,442	23,128
신영철(2007)	1480		34,334	94,067
신영철(2008)	321		7,444	20,394

(바) 근로자의 건강 개선 편익 종합

근로자의 건강 개선 편익을 산정하기 위하여 근로자의 사망 특성별 통계적 생명가치(VSL)를 추정하고, 질병의 사회경제적 비용을 근로자의 건강 편익으로 검토하였다. 또한 산업재해 급여 정보 및 질병의 사회경제적 비용을 고려한 근로자의 건강 편익을 산정하였다.

그 결과 얻어진 근로자의 사망 위험 감소와 관련된 건강 편익 정보는 우선, 신영철 등(2021)에서 추정한 근로자의 통계적생명가치(VSL) 16.42억원(95% 신뢰구간 15.63억원 ~ 17.21억원)이 있다. 또한 본 연구에서 추정한 근로자의 질병사망 관련 통계적생명가치(VSL) 6.11억원(95% 신뢰구간 4.54억원 ~ 7.68억원)과 근로자의 사고사망 관련 통계적생명가치(VSL) 21.13억원(95% 신뢰구간 6.58억원 ~ 35.78억원)이 있다.

근로자의 질병 위험 감소와 관련된 건강 편익 정보는 건강보험정책연구원(2017)의 정보를 2020년 기준으로 산정한 20대 대분류 질병군별 사회경제적 비용과 298개 중분류 질병군별 사회경제적 비용이 있다. 질병군별 사회경제적 비용에는 조기사망 손실액이 포함되고 있지만, 필요에 따라 조기사망 손실액을 제외한 질병군별 사회경제적 비용을 이용할 수 있다. 하지만 정확한 질병을 특정할 수 있는 경우가 아니라면, 매우 세분된 질병의 사회경제적 비용을 적용하는 방식이 적절하지 않을 수 있다.

산업재해 급여 정보와 하인리히 방식을 적용하여, 산업재해 1인당 총비용 8,400만원과 함께 사망 산업재해 1인당 총비용 6.05억원 및 사망 제외 산업재해 1인당 총비용 8,000만원을 산정하였다. 또한, 산업재해 급여 정보를 활용한 산업재해 1인당 총비용을 질병의 사회경제적 비용과 연계하여, 산업재해 1인당 총비용 1억 4,700만원과 함께 사망 산업재해 1인당 총비용 10억 5,600만원 및 사망 제외 산업재해 1인당 총비용 1억 4,000만원으로 재산정하였다.

건강 편익 산정을 위해 이용될 수 있는 장애보정생존년수(DALY) 및 질보정생존년수(QALY)의 개념 소개와 더불어 해당 건강 지표의 경제적 가치와

관련된 기존 연구 결과도 소개하였다. 근로자의 건강 편익과 관련하여 DALY 또는 QALY로 측정되는 경우에는 소개된 건강 편익을 이용할 수도 있다.

이상에 소개된 근로자의 건강 편익 정보는 화학물질 규제 관련해서 파악할 수 있는 건강 영향 정보와 수준에 맞춰 우선순위를 정해서 적용할 수 있다.

우선, 근로자의 건강 영향이 사망 위험과 질병 위험으로 구분하여 영향을 계량화할 수 있다면, 사망 위험에 대해서는 근로자의 통계적생명가치(VSL)를 가장 우선하여 적용하여야 한다. 마찬가지로 근로자의 사망 위험이 질병 사망 위험 또는 사고 사망 위험으로 구분되는 상황이라면, 근로자의 질병 사망 관련 통계적생명가치(VSL) 및 근로자의 사고 사망 관련 통계적생명가치(VSL)을 우선 적용할 고려할 수 있다. 하지만 근로자의 사망 특성별 통계적생명가치(VSL)는 향후 다년간 결과로부터의 추정치의 안정성이 확보된 뒤 분석에 이용하였으면 한다.

근로자의 질병 위험에 대해서는 특정한 질병으로 확인되는 경우에는 20대 대분류(또는 298개 중분류) 질병의 사회경제적 비용에서 조기사망 비용을 제외한 비용의 적용을 우선 검토하였으면 한다. 하지만 특정한 질병으로 확인하기 어려운 경우라면 산업재해로 발생하는 질병 일반의 사회경제적 비용을 적용하는 방식도 이용될 수 있다. 이때 사망 제외 산업재해 1인당 총비용(즉, 사망 제외 산업재해 1인당 급여액에 하인리히 방식을 적용한 간접비용을 합산한 비용)도 근로자의 질병 위험 감소로 인한 편익의 하한값으로 고려할 수도 있다.

만약 근로자의 건강 영향이 사망과 질병을 구분해서 파악하기 어려운 경우라면, 질병의 조기사망 비용을 포함한 사회경제적 비용 또는 산업재해 1인당 총비용을 우선하여 적용한다.

한편 근로자의 건강 개선 편익 평가에서 민감도 분석 차원에서 사망위험 개선 관련 편익을 근로자의 통계적생명가치(VSL) 대신에 사망 산업재해 1인당 총비용 또는 질병의 사회경제적 비용을 반영한 사망 산업재해 1인당 총비용을 적용할 수 있다. 사회후생적 관점에서 질병의 사회경제적 비용을 반영한

사망 산업재해 1인당 총비용이 우선될 필요가 있고, 사망 위험 개선 관련 편익의 하한값으로 사망 산업재해 1인당 총비용도 고려될 수 있다.

(3) 편익 산정 절차 및 예시

가) 영향의 정량적 평가

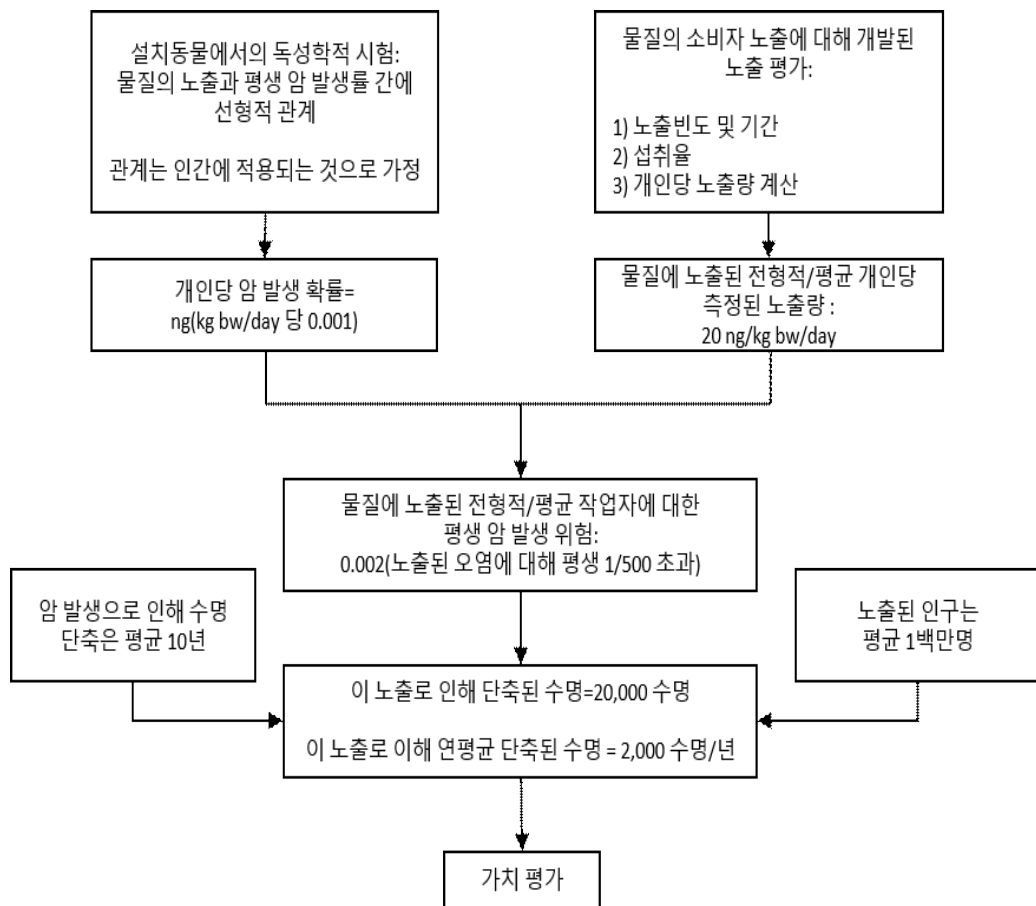
건강 영향과 환경 영향의 정량화는 중요하다. 건강 영향과 환경 영향이 정량화될수록 더욱 신뢰성이 높아진다. 따라서 정량화와 관련된 불확실성도 함께 기록하여야 한다.

그러나 특정한 영향을 정량화할 수 있다는 이유만으로 평가에서 정량적 자료에 큰 비중을 두지는 말아야 한다. 또한, 자료 가용성이나 불확실성 등의 이유로 인해 쉽게 정량화하기 어려운 주요 영향들도 있다는 점을 잊지 말아야 한다.

특정 화학물질이 인체 건강에 미치는 영향을 정량적으로 분석하기 위해서는 노출 인구를 파악하고, 발생 가능성이 있는 건강장애의 중증도를 고려하여야 한다. 이와 관련된 자료는 화학물질의 안전평가에서는 일반적으로 포함되지 않기 때문에, 관련 자료는 최대한 그리고 조기에 수집하여 사회경제적 분석에 확보하여야 한다. 건강 영향을 정량화하기 위해 다음과 같은 다양한 종류의 자료들이 필요하다.

- 노출과 건강 영향 (예컨대 피부염증, 호흡기 질환, 암)의 발생빈도에 대한 정량적 추정 및 영향의 확률 관계 도출 (용량-반응 관계)
- 노출의 빈도 및 지속기간을 비롯한 노출 평가, 관련된 경로 (호흡, 경구, 피부 등)에 의한 화학물질의 섭취비율
- 실제적 건강 영향의 평가 (예컨대 암의 발병으로 인해 상실되는 수명)
- 노출 인구의 추정 (가능하면 노출 인구의 분포도 포함)

아래 「그림 III-7」은 발암 위험을 정량화하기 위해 위에서 언급된 자료들이 어떻게 사용될 수 있는지에 대해 보여주는 예시이다. 암 발생으로 인한 수명 단축 기간을 산정하기 어려운 경우에는 직접적으로 통계적생명가치(VSL)를 적용하여 발암 위험에 의한 건강영향을 정량화할 수 있다.



[그림 III-7] 발암물질에 의한 소비자 노출과 관련된 건강영향의 정량화 예시

나) 건강 편익 분석 예시

(가) 용제로 이용되는 벤젠의 농도 규제(예시)⁷⁾

2016년 화학물질 통계 자료에 따르면, 벤젠을 용제로 사용하는 근로자의

수는 10,332명이다. 이전에 제공된 벤젠의 직업적 노출농도 자료에 따르면, 페인트 작업장의 벤젠 농도는 평균 $31.7 \pm 15.5\text{ppm}$ 으로 확인되었다. 이때 페인트 산업의 작업장에서 근로자가 보호구 착용 등의 방법으로 직면하는 벤젠 농도를 1ppm으로 상정하자. 그리고 특정 규제나 제한을 통해 근로자가 직면하는 작업장의 벤젠 농도가 0.5ppm으로 감소한다고 가정하자.

〈표 III-28〉 벤젠을 용제로 이용하는 근로자수 및 노출농도(예시)

구분	근로자수 (명)	페인트 작업장 농도 (ppm)	작업장 보호구 착용 등 농도 (가정, ppm)	규제 후 농도 (가정, ppm)
용제로 이용하는 벤젠	10,332	31.7 ± 15.5	1	0.5

출처: 신영철 등(2019), 153쪽

벤젠의 발암 위험성(위해성)에 관한 연구는 SCOEL(1991)의 연구와 AGS(2012)의 연구 등이 있다. 이 중에서 AGS(2012)의 연구 결과 중 비선형 용량 관계를 기반으로 한 발암 위험성(위해성)을 적용하려 한다. 실제로 연구를 적용하는 상황에서는 어떤 연구가 가장 적합한지 검토해야 하며, 여러 신뢰할 수 있는 연구들이 있을 경우 메타 회귀분석을 통해 대푯값을 사용하는 것이 바람직하다.

AGS(2012)의 연구에서 제시한 비선형 용량 관계를 기반으로 한 발암 위험성(위해성)은 1ppm에서는 4×10^{-3} 이고, 0.5ppm에서는 4×10^{-4} 이다.

〈표 III-29〉 비선형 용량 - 반응 관계에 근거한 발암 위해도 AGS(2012)

공기 중 benzene 농도		위해도
mL/m ³ (ppm)	mg/m ³	
1	3.1	4 : 1,000
0.5	1.5	4 : 10,000

출처: 신영철 등(2019), 153쪽

7) 신영철 등(2019) 153~155쪽의 예시 사례를 일부 수정하여 재작성하였다.

직업적 노출로 인한 발암 위험성(위해성)은 일반적으로 40년간 노출을 가정하여 산정하므로, 연간 발암 위험성(위해성)으로 분석을 진행하려면 연간 발암 위험성(위해성)으로 변환해야 한다.

$$\text{최종 생존율} = (1 - \text{연간 발암위해도})^{40}$$

이때, ‘최종 생존율 = 1 - 발암 위해도’로 정의된다.

따라서, 연간 발암 위험도(위해도)는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{연간 발암위해도} = 1 - (1 - \text{발암위해도})^{\frac{1}{40}}$$

이 수식을 활용하여 벤젠의 초과 발암 위험도(위해도)를 연간 발암 위험도(위해도)로 변환해 보면, 규제 이전의 4×10^{-3} 의 발암 위험도(위해도)는 1.00×10^{-4} 의 연간 발암 위험도(위해도)로 계산되며, 규제 이후의 4×10^{-4} 의 발암 위험도(위해도)는 1.0×10^{-5} 의 연간 발암 위해도로 나타난다. 따라서, 벤젠에 대한 특정 규제로 인한 연간 발암 위험도(위해도)의 감소는 규제 이전의 연간 발암 위험도(위해도)(1.00×10^{-4})에서 규제 이후의 연간 발암 위험도(위해도)(1.0×10^{-5})를 뺀 값으로 구할 수 있다. 이에 따라, 벤젠에 대한 규제로 발생하는 연간 발암 위험도(위해도)의 감소는 9.0×10^{-5} 이다.

〈표 Ⅲ-30〉 페인트의 용제 벤젠에 대한 규제로 인한 발암발생률 감소 산정

구분	발암발생률	생존율	발암 노출기간(년)	연간 발암발생률
규제 이전	0.004	0.996	40	0.000100
규제 이후	0.0004	0.9996	40	0.000010
규제로 인한 발암발생률 감소분	-	-	-	0.000090

출처: 신영철 등(2019), 154쪽

벤젠을 용제로 사용하는 근로자를 대상으로 한다면, 벤젠에 대한 가정한 규제로 인한 연간 조기 사망자 감소는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{연간 조기사망자 감소자수} = \text{대상 근로자수} \times \text{규제로 인한 연간 발암위해도 감소분}$$

따라서, 대상 근로자 수 10,332명에 규제로 인한 연간 발암 위험도(위해도) 감소분(9.0×10^{-5})을 곱하면, 연간 조기 사망자 감소 수는 0.93명으로 계산된다.

〈표 III-31〉 페인트의 용제 벤젠에 대한 규제로 인한 조기사망자 감소 산정

벤젠을 용제로 이용하는 근로자수	규제로 인한 발암발생률 감소분	연간 조기사망감소자수(명)
10,332	0.000090	0.93

출처: 신영철 등(2019), 154쪽

용제로 사용하는 벤젠에 대한 규제로 인한 연간 조기 사망 감소자 수를 화폐적 편익으로 산정하기 위해서, 신영철 등(2021) 연구에서 제시된 근로자의 통계적생명가치(VSL)를 이용한다. 해당 연구에서는 근로자의 임금 자료를 분석하여 도출한 근로자의 통계적생명가치(VSL)는 2020년 기준으로 16.42억원이다. 근로자의 통계적생명가치(VSL)의 95% 하한값은 15.63억원이고 95% 상한값은 17.21억원이다.

〈표 III-32〉 2015~2019년 근로자의 통계적생명가치(VSL)

구분	통계적생명가치(VSL)(백만원, 2020년)		
	추정치	95% 하한	95% 상한
사망	1,642	1,563	1,721

벤젠을 용제로 사용하는 근로자들이 벤젠에 대한 규제로 가정한 노출농도로 감소하여, 발암으로 인한 연간 조기사망자 수 감소의 편익은 연간 15.27억 원으로 산정된다. 한편 근로자의 통계적생명가치의 95% 하한값을 적용하면 14.54억 원이고, 근로자의 통계적생명가치의 95% 상한값을 적용하면 16.01억 원의 편익으로 계산된다.

〈표 Ⅲ-33〉 페인트의 용제 벤젠에 대한 규제로 인한 연간 근로자의 건강 편익

구분	규제로 인한 조기사망자수 감소 (명)	VSL (백만원)	연간 편익 (백만원)
VSL	0.93	1,642	1,527
VSL_95% 하한	0.93	1,563	1,454
VSL_95% 상한	0.93	1,721	1,601

(나) 감열지 생산에 사용되는 BPA의 사용 규제(예시)⁸⁾

BPA가 포함된 감열지의 규제로 인한 질병 발생 위험 감소의 영향을 반영하여, 화폐적 측면에서 평가한 건강 편익을 계산하는 방법을 설명하려 한다. 여기서 사용되는 건강 영향은 ECHA(2015)의 BPA가 포함된 감열지에 대한 보고서를 참고하였고, 한국의 상황에 맞게 건강 편익을 계산하였다.

BPA가 포함된 감열지에 대한 규제안은 0.02%(질량 기준) 이하의 사용을 제안하며, 이 기준은 해당 보고서에서도 언급된 바와 같이 기술적으로 준수하기 힘든 상황으로, BPA 사용 금지와 동일한 수준의 규제로 간주하고 있다.

우선, BPA가 포함된 감열지에 대한 규제안으로 인해 건강 위험이 감소할 대상인 계산원의 수를 파악해야 한다. ECHA(2015) 보고서에서는 여러 국가의 계산원 비율을 조사하고, EU 전체 인구의 2%가 계산원이라고 보고하고

8) 신영철 등(2019) 194~199쪽의 예시 사례를 일부 수정하여 재작성하였다.

있다. 한국의 경우, 국가통계포털의 직종별 규모별 계산원 및 대표원 현황(5인 이상 사업체)과 통계청의 '지역별 고용조사'를 참조하여 계산원의 수를 추정하였으나, BPA가 포함된 감열지에 노출된 인원이 과소평가되었다고 판단하였다.

그 결과, ECHA(2015)에 따라 총 인구의 2%를 계산원으로 가정하면, 대략 103만 명이 계산원으로 추정되었다. 여성 계산원의 비율이 89%이고, 가임기 여성의 비율이 90%인 것도 ECHA(2015)의 자료를 그대로 적용하였다. 여기서 가임기 여성의 비율은 전체 여성 계산원 중 15 ~ 50세 계산원의 비율을 의미한다. 이는 EU와 우리나라의 계산원 구성에 큰 차이가 없다는 가정과, 이 분석이 화학물질의 사회경제성 분석(SEA)의 지침서에 건강 이익 계산 방식의 예시를 제시하는 것이 목적이라는 점을 고려하였다.

더불어, ECHA(2015)에 따르면, BPA가 포함된 감열지는 전체 감열지의 70%를 차지하며, 이 중에서 계산원이 노출되는 POS 영수증 및 티켓의 비율은 65%라는 데이터도 그대로 적용하였다. 이를 통해 BPA가 포함된 감열지에 노출되는 대상 계산원은 대략 37만 명으로 추정되었다. 이처럼, 특정 규제 대상이 되는 인구를 추정하기 위해서는 기존 자료를 활용하여 대상 인원 수를 계산하는 과정이 필요하다.

〈표 III-34〉 여성계산원 수 산정(예시)

총인구 (2017, 명)	계산원 비율 (%)	계산원 등 (명)	여성 계산원 비율 (%)	여성 계산원 (명)
51,422,507	2%	1,028,450	89%	915,321

출처: 신영철 등(2019), 195쪽

〈표 III-35〉 BPA 포함 감열지 노출 계산원수 산정(예시)

여성 계산원 (명)	가임기 여성비율 (%)	가임 여성 계산원 (명)	BPA 포함 감열지 비율 (%)	POS 영수증 및 티켓 비율 (%)	BPA 노출 계산원 (명)
915,321	90%	823,789	70%	65%	374,824

출처: 신영철 등(2019), 195쪽

ECHA(2015)에 따르면, 가임 여성 계산원이 출산하는 태아가 BPA 노출로 인한 건강 영향을 입는 최종 대상으로 간주되고 있다. 그러므로 BPA가 포함된 감열지로 인한 건강 영향이 나타나는 최종 대상자는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{영향받는 대상자} = \text{대상자} \times \text{영향받는 비율}$$

여기서, 태아는 영향받는 비율로 평균 출산율을 적용할 수 있다.

ECHA(2015)에 따르면, BPA가 포함된 감열지에 노출로 인한 건강 영향은 여성 생식기능에 대한 영향, 비만 및 대사 이상, 그리고 유선 손상의 세 가지 질병으로 나타난다. 이들 대상 중 영향을 받는 비율은 여성 생식기능에 대한 영향이 99.85%, 비만 및 대사 이상이 99.85%, 유선 손상이 100%이다. 이러한 영향을 받는 비율을 이전에 계산된 BPA가 포함된 감열지로 인한 BPA 노출 계산원 수에 곱하여 영향을 받는 계산원 수를 추정한다.

평균 출산율은 총 인구 중 가임기 여성의 수를 분모로, 출생자 수를 분자로 하여 계산할 수 있다. 이때 출산율은 2017년 인구총조사에서의 총 인구 중 가임기 여성의 수와 2015년부터 2017년까지의 출생자 수의 평균을 이용하여 평균 출산율을 계산하였으며, 그 결과 3.03%로 추정되었다.

〈표 III-36〉 총인구 중 가임여성의 비율 산정

연령구분	총인구_여자(명)
15~19세	1,398,399
20~24세	1,645,038
25~29세	1,592,071
30~34세	1,642,913
35~39세	1,970,470
40~44세	1,976,414
45~49세	2,237,221
50세	418,961
가임여성 합계	12,881,487
총여성인구대비 가임여성 비율(%)	50.2

출처: 신영철 등(2019), 195쪽

〈표 III-37〉 최근 3년 동안의 평균 출생자수

연도	2015	2016	2017	평균
출생자수(명)	438,420	406,243	326,900	390,521

출처: 신영철 등(2019), 196쪽

〈표 III-38〉 평균 출산율 산정

가임 여성(명)	평균 출생자(명)	평균 출산율(%)
12,881,487	390,521	3.03

출처: 신영철 등(2019), 196쪽

이상의 자료를 적용하여 BPA 포함 감열지로 인한 건강 영향의 최종 대상자인 여성 계산원의 태아는 질병 유형별로 11,300 ~ 11,400명 수준이다.

〈표 III-39〉 BPA 포함 감열지에 의한 여성 계산원의 질병별 영향태아수 산정

BPA영향 구분	영향받는 비율 (%)	영향 계산원 (명)	평균 출산율 (%)	영향태아수 (명)
여성생식영향	99.85%	374,262	3.03	11,346
비만 및 대사	99.95%	374,636	3.03	11,358
유선 문제	100%	374,824	3.03	11,363

출처: 신영철 등(2019), 196쪽

이에 영향 받은 태아 중에서 자궁내막증 감소로 인한 건강 편익을 계산하는 방법은 다음과 같다.

작업자의 자궁내막증 감소로 인한 건강 편익

$$= \text{대상 태아(명)} \times \text{여성태아 비율(\%)} \times \text{자궁내막증 초과위험(\%)} \\ \times \text{자궁내막증의 단위 비용(원)}$$

먼저, 대상 태아 중 여성 태아 비율을 고려하여 여성 태아의 수를 계산해야 한다. 2015~2017년 총출생 성비 자료를 활용하여 출생아 중 여성 비율을 계산하면, 이는 48.7%로 나타난다. 총출생 성비를 활용하여 출생아 여성 비율은 다음과 같은 공식으로 계산할 수 있다.

$$\text{출생아중 여성 비율} = \frac{100}{\text{총출생 성비} + 100} \times 100$$

〈표 III-40〉 최근 3년 동안의 출생아 여성 비율 산정

시도별	2015	2016	2017	평균	출생아의 여성 비율 (%)
	총출생 성비	총출생 성비	총출생 성비		
전국	105.3	105.0	106.3	105.5	48.7

출처: 신영철 등(2019), 197쪽

ECHA(2015)에 따르면, 대상 여성 태아 중 자궁내막증의 초과 위험률은 0.07%이므로, 자궁내막증으로 인한 발병 인원은 연간 약 3.9명으로 나타난다. 여기에 자궁내막증 치료 비용이 9,579 유로인데, 이를 2018년 우리나라 화폐 가치로 환산하면 대략 1,448만 원 정도이다. 자궁내막증 치료 비용을 우리나라 화폐 가치로 계산하기 위해 2014년의 연평균 환율을 적용한 후, 그 결과값에 GDP 디플레이터를 이용하여 2014년 금액을 2018년 금액으로 환산하였다. 이렇게 계산한 결과, BPA가 포함된 감열지에 대한 규제에 의한 자궁내막증 감소로 인한 연간 편익은 약 5,600만 원 수준으로 추정되었다.

〈표 III-41〉 BPA 감열지 규제에 의한 여성 계산원 태아의 자궁내막증 발생 감소

구분	대상 태아 (명)	여성 태아 비율 (%)	여성 태아 (명)	자궁내막증 초과 위험 (%)	자궁내막증 초과 발생 감소 (명/년)
자궁내막증 감소	11,346	48.7	5,520	0.07%	3.9

출처: 신영철 등(2019), 197쪽

〈표 III-42〉 BPA 감열지 규제에 의한 자궁내막증 발생 감소 편익

구분	자궁내막증 초과 발생 감소 (명/년)	단위비용 (2014,유로)	단위비용 (천원, 2018)	연간 편익 (백만원)
자궁내막증 감소편익	3.9	9,579	14,482	56

출처: 신영철 등(2019), 197쪽

비만 및 대사 이상과 관련된 대상 태아는 이전에 11,358명으로 추정되었다. 이들 중 체중 증가 및 콜레스테롤 상승과 같은 질병으로 인한 건강 이익은 아래에 제시된 공식을 활용하여 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{작업자의 비만 및 대사 이상 감소로 인한 건강 편익} \\
 &= \text{대상 태아(명)} \times \text{체중증가 초과 발생률(\%)} \\
 &\quad \times \text{치료받아야하는 비율(\%)} \\
 &\quad \times \text{체중증가 또는 콜레스테롤 증가의 단위비용(원)}
 \end{aligned}$$

ECHA(2015)에 따르면, 체중 증가의 초과 발생률이 0.33%이고, 콜레스테롤 상승의 발생률이 0.73%라는 것을 고려하면, 이러한 질병별 초과 발생률을 대상 태아 수에 곱하여 체중 증가하는 인원을 연간 약 37.5명, 콜레스테롤 상승하는 인원을 연간 약 82.9명으로 추정할 수 있다.

ECHA(2015) 보고서에 따르면, 체중 증가에 대한 치료 필요 비율은 100%, 콜레스테롤 상승에 대한 치료 필요 비율은 54%이다. 이러한 질병별 치료 필요 비율을 곱하면 체중 증가 및 콜레스테롤 상승으로 치료받아야 하는 인원수를 계산할 수 있다. 이에 각 질병의 단위 치료비용을 곱하면, 체중 증가의 초과 발생 감소로 인한 연간 편익은 약 2.13억 원, 콜레스테롤 상승 감소로 인한 연간 편익은 대략 100만 원 ~ 900만 원이다. 콜레스테롤 상승의 단위 비용은 연구에 따라 단위비용이 18,000원 ~ 204,000원으로 평가되었다. 이때, 질병별 단위비용을 2018년 우리나라 비용으로 환산하기 위해, 앞서 설명한 환율 적용 후 GDP 디플레이터를 이용하여 보정하는 방식을 사용하였다.

〈표 III-43〉 여성 계산원 태아의 체중증가/콜레스테롤 발생자 감소자 수 산정

구분	대상 태아	체중증가 초과 발생 (%)	체중증가 초과 발생 (명/년)	치료받아야 하는 비율(%)	치료받아야 하는 체중 증가자 수 (명/년)
체중증가	11,358	0.33%	37.5	100%	37.5
콜레스테롤 증가	11,358	0.73%	82.9	54%	44.8
	11,358	0.73%	82.9	54%	44.8
	11,358	0.73%	82.9	54%	44.8

출처: 신영철 등(2019), 198쪽

〈표 III-44〉 BPA 포함 감열지 규제에 의한 체중증가/콜레스테롤 발생 감소 편익

구분	대상 태아	치료받아야 하는 체중 증가자 수 (명/년)	단위비용 (2014,유로)	단위비용 (천원, 2018)	연간 편익 (백만원)
체중증가	11,358	37.5	3,760	5,685	213
콜레스테롤 증가	11,358	44.8	12	18	1
	11,358	44.8	42.5	64	3
	11,358	44.8	135	204	9

출처: 신영철 등(2019), 198쪽

마지막으로, 유선 손상과 관련된 대상 태아의 수 및 이로 인한 유방암 발생 감소에 따른 편익은 아래에 제시된 공식을 이용하여 계산할 수 있다.

유선 손상에 의한 유방암 발생 감소 편익

$$\begin{aligned}
 &= \text{여성 태아의 수(명)} \\
 &\times \text{유방암 이전 단계}(TED, TD, HD, \text{최악의 경우}) \text{ 초과 발생 위험률}(\%) \\
 &\times \text{유방암 발생의 조건부 확률}(\%) \times \text{유방암 치료의 단위비용(원)}
 \end{aligned}$$

우선, BPA가 포함된 감열지에 의해 영향을 받는 여성 계산원의 태아 수는 총 11,363명이다. 유선 손상은 여성의 유방암 발생과 관련이 있으므로, 이는 여성에게만 영향을 끼친다. 이전에 계산한 태아 중에서 여성의 비율인 48.7%를 곱하면, 여성 태아의 수는 5,529명으로 추정된다.

여성 출생 비율과 관련된 BPA 노출로 인한 건강 피해는 ECHA(2015)에서 다양한 연구 결과를 반영하여 TED, TD, HD, 최악의 경우의 4가지로 분류하여 제시하였다. 여기서 TED, TD, HD, 최악의 경우는 모두 유선 손상으로 인한 유방암 발생에 이르는 단계를 의미한다. 초과 발생 위험은 TED가 0.61%, TD가 0.55%, HD가 0.055%, 최악의 경우가 1.22%로 나타난다. 이에 따라, 유방암 증가의 조건부 확률은 5.5%와 11.0%의 두 가지 값이 제시되고 있으며, 유방암 치료를 위한 단위비용은 3,000유로와 30,000유로로 표현되고 있다.

따라서, 유방암 증가의 조건부 확률의 하한값과 상한값, 그리고 유방암 치료 비용의 하한값과 상한값을 고려하여 4가지 시나리오를 설정하고 분석하였다. 그 결과, 시나리오1(하한-하한)에서는 약 100만 원 ~ 1,700만 원의 건강 편익이 발생하며, 시나리오4(상한-상한)에서는 대략 1,500만 원 ~ 3억 3,500만 원의 건강 편익이 발생했다. 이 외에도 시나리오2(상한-하한)와 시나리오3(하한-상한)에서 산정된 유선 손상 감소에 따른 건강 편익은 아래 표를 참고하면 된다.

〈표 III-45〉 BPA 포함 감열지 규제에 의한 유방암 발생 감소 편익

구분	구분	대상 태아 (명)	초과 위험	유방암 증가 조건부 확률(%)	유방암 초과 발생 (명/년)	단위 비용 (유로)	단위 비용 (천원, 2018)	연간 편익 (백만원)
시나리오1 (하한-하한)	TED	5,529	0.61%	5.5%	1.9	3,000	4,536	8
	TD	5,529	0.55%	5.5%	1.7	3,000	4,536	8
	HD	5,529	0.055%	5.5%	0.2	3,000	4,536	1
	최악 경우	5,529	1.22%	5.5%	3.7	3,000	4,536	17
시나리오2 (상한-하한)	TED	5,529	0.61%	11.0%	3.7	3,000	4,536	17
	TD	5,529	0.55%	11.0%	3.3	3,000	4,536	15
	HD	5,529	0.055%	11.0%	0.3	3,000	4,536	2
	최악 경우	5,529	1.22%	11.0%	7.4	3,000	4,536	34

구분	구분	대상 태아 (명)	초과 위험	유방암 증가 조건부 확률(%)	유방암 초과 발생 (명/년)	단위 비용 (유로)	단위 비용 (천원, 2018)	연간 편익 (백만원)
시나리 오3 (하한 -상한)	TED	5,529	0.61%	5.5%	1.9	30,000	45,356	84
	TD	5,529	0.55%	5.5%	1.7	30,000	45,356	76
	HD	5,529	0.055%	5.5%	0.2	30,000	45,356	8
	최악 경우	5,529	1.22%	5.5%	3.7	30,000	45,356	168
시나리 오4 (상한 -상한)	TED	5,529	0.61%	11.0%	3.7	30,000	45,356	168
	TD	5,529	0.55%	11.0%	3.3	30,000	45,356	152
	HD	5,529	0.055%	11.0%	0.3	30,000	45,356	15
	최악 경우	5,529	1.22%	11.0%	7.4	30,000	45,356	335

출처: 신영철 등(2019), 199쪽

결과적으로, BPA가 포함된 감열지 규제에 의한 직업인(즉, 계산원)의 건강 편익은 여성 생식에 대한 영향이 연간 약 5,600만 원, 비만 및 대사 관련 질환은 2억 1,400만 원 ~ 2억 2,200만 원, 유선 손상은 1,700만 원 ~ 3억 3,500만 원으로 추정된다. 이들을 합산하면, 건강 영향의 하한값은 대략 2억 8,700만 원이고, 상한값은 약 6억 1,300만 원이다. 이 결과는 ECHA(2015)에서 제시된 질병 단위비용을 우리나라 가치로 환산하여 계산한 것이다. 이때, 여성생식 영향 감소의 편익은 태아가 35년 된 후부터 나타난다는 분석이 있으므로, 실제로 영향이 발생하는 시기가 일치하는 년도도 있지만, 일치하지 않는 년도도 있다는 점을 고려해야 한다.

〈표 III-46〉 BPA 포함 감열지 규제에 의한 여성 계산원 관련 건강 편익

연간 편익 (백만원)	여성 생식영향	비만 및 대사	유선 문제	합계
건강영향 하한	56	214	17	287
건강영향 상한	56	222	335	613

출처: 신영철 등(2019), 199쪽

2) 주요 비용 산정 절차 및 예시

(1) 주요 비용 항목 및 평가 방법

가) 규제의 비용 개요

화학물질의 규제로 인하여 다른 용도로 사용될 수 있는 자원을 사용하여 사회 구성원이 포기하는 가치를 화학물질 규제의 기회비용 혹은 줄여서 흔히 비용이라고 한다. 화학물질의 규제에 따른 통상적인 비용은 화학물질 규제에 의한 오염제어 비용이며, 주어진 관리를 위해 소요되는 자원의 기회비용(opportunity cost)을 의미한다. 여기에서의 비용은 실제 지출된 금액을 의미하는 것이 아니며 기회비용을 의미한다. 예컨대, 화학물질의 규제로 인한 추가적인 세금이나 이자는 비용에서 제외한다. 비록 세금과 이자가 회계적으로 발생하는 비용이긴 하지만, 국민경제 측면에서 진정한 기회비용이라 볼 수 없으므로 규제의 사회적 비용으로 취급되지 않는다. 따라서 화학물질 규제에 따른 사회적 비용이란 새로운 화학물질 규제로 인해 그 사회에서 발생하는 모든 기회비용의 총합으로 정의할 수 있다.

예를 들어, 산업안전보건법의 특정 화학물질을 사용 제한하는 경우를 생각해 볼 수 있다. 이때 특정 화학물질의 사용 제한으로 특정 기준을 충족하기 위해 과거에는 필요하지 않던 운영비가 추가로 발생할 수 있다. 또는 해당 화학물질을 대체하는 화학물질을 사용하기 위해 새로운 시설 설치가 필요할 수도 있다. 특정 화학물질의 사용 제한으로 그 화학물질을 사용하던 기업들의 생산 비용의 증가로 제품의 가격이 상승할 수도 있다. 이러한 제품가격 상승은 해당 화학물질을 사용하던 제품 시장에서의 사회적 후생(즉, 소비자잉여와 생산자잉여의 합)을 감소시키게 된다.

다른 한편, 특정 화학물질의 사용이 제한되면서 새로운 화학물질의 개발 또는 사용이 촉진되어 새로운 시장이 형성될 수 있다. 이 경우에는 새로운 화학물질 개발 또는 사용으로 새로운 부가가치가 창출되기도 한다. 이와 같은 새로운 시장 창출에 의한 사회적 후생의 증가는 특정 화학물질의 사용 제한 규

제의 부(-)의 비용 또는 양(+)의 편익이 된다.

이상과 같이 특정 화학물질의 사용 제한 규제에는 다양한 형태의 비용이 발생하는데, 그와 같은 모든 비용을 포함하는 것이 이상적이다. 그러나 현실적으로 화학물질 규제와 관련된 모든 비용을 제대로 파악하기 위해서는 상당한 자료와 상당한 시간이 소요되어야 한다. 따라서 시간 및 예산 제약을 고려하여 화학물질 규제에 따른 주요 비용을 먼저 파악하고, 그 주요 비용의 계량화에 초점을 맞추는 것이 필요하다.

나) 화학물질 규제의 비용 종류⁹⁾

앞의 예와 같이 화학물질의 규제에 따른 사회적 비용의 범위는 매우 넓다고 볼 수 있다. 화학물질의 규제에 따른 사회적 비용은 일반적으로 크게 직접비용(direct cost)과 간접비용(indirect cost)의 범주로 구분할 수 있다.

직접비용에는 준수비용(compliance cost), 정부 규제비용(government regulatory cost), 사회적 후생손실비용(social welfare loss), 이전비용(transitional cost)이 포함된다. 준수비용은 화학물질의 규제에 따라 새로운 시설의 설치 및 운영에 드는 비용으로, 화학물질 규제의 비용 중 가장 중요한 비용 항목이다. 정부 규제비용은 화학물질의 규제에 의해 발생하는 행정, 감시, 감독비용을 포함한다. 한편 사회적 후생손실비용은 화학물질의 규제에 따라 재화 및 서비스의 가격이 상승하거나 생산량이 감소하는 경우, 소비자 및 생산자 잉여 감소분을 의미한다. 이전비용은 화학물질의 규제에 야기되는 생산량의 감소에 따른 자원 수요의 감소 비용 및 잉여 자원의 재분배에 드는 비용이다. 화학물질의 규제에 따른 직접비용을 보완 설명하면 다음과 같다.

첫째, 준수비용은 화학물질 규제에 따른 사회적 비용 중 가장 중요한 비용이라고 할 수 있다. 여기에는 새로운 오염방지시설의 설치 및 운영에 드는 비용이나 새로운 생산요소 및 요소간 결합방법 변화에 의한 생산 및 공정의 변

9) 신영철 등(2017a, 2019)에서 환경부(2003)의 86~89쪽을 화학물질 규제와 관련해서 재정리한 내용을 본 연구에서 다시 재정리하였다.

화로 인한 비용, 폐기물의 처리 및 재활용에 드는 비용 등을 포함한다.

둘째, 정부 규제비용은 새로운 정책의 도입으로 인해 발생하는 행정, 감시, 감독비용을 일컫는다. 특히, 오염물질 배출권거래제와 같은 경제적 유인 수단의 도입과 같은 인위적 시장창출 비용도 여기에 포함된다.

셋째, 사회적 후생손실비용은 화학물질 규제에 따라 재화 및 서비스의 가격이 오르거나 생산량이 감소할 때 발생하는 소비자 및 생산자 잉여의 감소분을 의미한다. 예컨대, 화학물질 규제로 인한 원가 상승에 따른 재화 및 서비스의 시장가격이 상승하는 경우에는 일반적으로 사회적 후생이 감소한다.

넷째, 이전비용은 화학물질 규제로 인해 야기되는 생산량의 감소에 따른 자원 수요의 감소에 따른 비용과 이러한 잉여 자원을 재배분할 때 드는 비용을 의미한다. 여기에는 실업, 기업판산, 타산업으로의 자원이동, 거래비용 및 생산과정 변동에 따른 조정비용 등이 포함된다.

화학물질 규제는 직접비용뿐만 아니라 생산성, 기술혁신, 시장구조 등의 변화와 관련된 다양한 비용을 유발한다. 이러한 비용을 화학물질 규제에 따른 간접비용이라고 한다. 특히 특정 화학물질 규제로 인하여 기업 혹은 산업의 기술개발 계획이 지연되거나 새로운 상품개발이 왜곡된다면, 화학물질 규제에 의한 간접비용이 크게 발생할 소지가 있다. 하지만 화학물질 규제에 의한 간접비용을 정확히 측정하기는 매우 어려운 작업이다. 일반적으로 화학물질 규제에 의한 간접비용 추정은 복잡한 경제모형의 적용을 통한 계량화 작업이 필요하다.

〈표 III-47〉 화학물질의 규제에 따른 비용 유형

종류		내용
직접 비용	준수비용	• 화학물질의 지정·관리로 인한 자본비용 • 화학물질의 지정·관리로 인한 가동 및 유지비용
	정부규제비용	• 훈련 및 행정비용 • 감시 및 보고비용 • 감독 및 이행비용 • 허가비용
	사회적 후생손실비용	• 소비자 및 생산자 가격의 상승 • 규제대상 경제주체가 부담하게 될 법적/행정적 비용
	이전비용	• 실업 • 기업파산 • 타산업으로의 자원이동 • 거래비용 • 생산과정 변동에 따른 조정비용
간접비용		• 상품의 질, 생산성, 기술혁신, 시장 상황 등의 변화로 인한 부정적 영향

출처: 신영철 등(2017a), 113쪽

화학물질의 규제에 따른 간접비용에 포함되는 일반적 항목으로는 시장구조의 변화, 노동 및 자본생산성의 변화, 투자 의욕의 저하를 들 수 있다. 각 항목이 어떤 상황에서 발생하는지 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 시장구조의 변화이다. 특정 화학물질 규제로 대체비용을 감당하기 어려운 상황이 발생하는 경우, 시장에서 다수의 기업이 퇴출되면서 기업의 경쟁력에 변화가 생길 수 있게 된다. 이는 기업과 산업 전체의 공급곡선을 이동시키게 되면서, 다수 시장에서의 가격과 생산량에 영향을 미치게 될 것이다. 결국, 해당 시장에서의 소비자 및 생산자 잉여의 변화를 초래하여 비용을 발생시킨다고 할 수 있다.

둘째, 노동 및 자본생산성의 변화이다. 새로운 화학물질 규제는 노동 및 자본생산성을 감소시킬 수 있다. 예컨대, 화학물질 규제의 강화로 인한 환경관리의 추가 고용이 필요한데, 이들은 노동투입량 대비 생산량을 기준으로 한

생산성의 향상에 기여하지 못할 때 생산성의 저하로 이어지게 된다.

셋째, 투자 의욕의 저하를 들 수 있다. 화학물질 규제에 따른 준수비용의 추가적 지출로 인해 기술개발 관련 연구투자가 줄어들 가능성이 있다. 그로 인해 기술혁신 및 상품의 품질향상에 부정적 영향을 미칠 수 있다.

결국 화학물질 규제에 따른 사회적 비용 중 간접비용은 상품의 질, 생산성, 기술혁신, 시장 상황 등의 부정적 영향 관련 사회적 비용이다. 특정 화학물질 규제로 인하여 어떤 기업 또는 산업의 기술개발 및 상품개발 의욕이 저하하는 경우라면, 그 상황에서는 화학물질 규제로 인한 간접비용의 규모가 매우 클 수 있다. 하지만 환경영향의 비가역성 및 불확실성, 장기적으로 발생하는 사회적 비용, 규제 정책의 사회경제적 파급효과 등으로 이러한 간접비용의 정확한 추정은 매우 어려운 작업이다. 따라서 사회적 비용에 영향을 주는 여러 가지 요소들을 고려한 복잡한 경제모형을 통해 화학물질 규제의 간접비용을 계량화해야 하는 작업이 필요할 수도 있다.

화학물질 규제에 따른 사회적 비용을 추계할 때는 사회적 할인율의 적용, 사회적 비용 계량화의 어려움, 민감도 분석 필요성, 시장 파급효과의 일정 수준 단순화 필요성을 고려할 필요가 있다.

첫째, 사회적 할인(discounting)의 적용이 중요하다. 화학물질 규제에 따라 발생하는 사회적 비용을 고려한 비용편익분석을 할 때, 적절한 사회적 할인율을 적용하여야 한다. 특히 화학물질 규제의 효과가 나타나기 전의 기간이 상당할 때는 전체적인 분석 기간이 길어지게 된다. 이때 기존 분석보다 연장된 분석 기간에서 적용할 사회적 할인율의 적절성을 검토할 필요가 있다.

둘째, 사회적 비용의 계량화에 따르는 어려움을 고려해야 한다. 비가역적 영향, 장기적으로 발생하는 사회적 비용, 지역사회에 대한 사회경제적 파급효과 등은 구체적으로 계량화하기 어려울 수 있으므로, 이를 고려하여 비용분석을 할 필요가 있다.

셋째, 민감도 분석(sensitivity analysis)을 시행할 필요가 있다. 사회적 비용분석에 따른 추정치에는 불확실성이 내재하고 있기에, 사용된 자료와 모형

의 특성 및 한계에 따라 상당한 정도의 불확실성이 불가피할 수 있다. 이러한 불확실성하에서 민감도 분석으로 자료와 모형의 설명력을 검증할 수 있다.

넷째, 화학물질 규제에 의한 시장의 파급효과를 일정 수준에서 단순화시킬 필요가 있다. 특정 화학물질 규제의 간접효과는 매우 다양할 수 있으며, 일반균형분석에 의하면 수많은 시장에 직간접적 영향을 주는 것이 사실이다. 이때 계량화를 위해서는 그 파급효과를 일정한 수준에서 단순화시키는 작업이 불가피하다. 이는 일반균형분석이 기반하고 있는 가정에 의해 실제보다 파급효과가 과대평가될 가능성이 있기 때문이다.

다) 규제의 사회적 비용 산정방식¹⁰⁾

화학물질의 규제에 따른 직접비용 및 간접비용을 추정하는 주요 방법에는 직접준수비용 접근법, 부분균형모형, 다시장 모형, 일반균형모형 등이 있다. 이 방법들의 비용 산정 방법별 특징 및 장점, 단점은 <표 III-48>에 정리되어 있고, 다음과 같이 간략히 설명할 수 있다.

먼저, 직접준수비용 접근법은 산업안전보건법 화학물질 규제에 의한 비용 산정에서 일반적으로 이용되는 방법이다. 이 방법은 다른 방법에 비해 비교적 추정이 용이하고 객관적 자료에 기초하기 때문에, 비교적 타당한 규제비용의 근사치를 제공하는 특징 및 장점이 있다. 한편 경제적 파급효과가 큰 규제의 경우는 비용을 과소 추정할 가능성이 있다.

부분균형모형은 전통적으로 많이 활용되는 접근방법으로 준수비용뿐만 아니라 사회적 후생감소 비용까지 고려할 수 있는 방법이다. 기본적으로 단일 혹은 소수의 시장만을 분석 대상으로 고려하기 때문에, 후생감소 효과 분석에 한계를 가진다.

한편, 다시장모형은 부분균형모형에 비해 확장된 다수의 시장간 상호연계성을 고려하는 장점이 있지만, 일반균형모형과 같은 시장간 환류효과를 종합

10) 신영철 등(2017a)에서 환경부(2003)의 90~95쪽을 화학물질 규제와 관련해서 정리한 내용을 본 연구의 내용을 고려하여 재정리하였다.

적으로 고려하지 못하는 단점이 있다. 이 모형은 부분균형모형과 일반균형모형의 중간 단계의 모형이라고 볼 수 있다.

마지막으로 일반균형모형은 경제 전반에 대한 종합적 고려를 할 수 있는 모형으로 경제적 파급효과를 고려한 비용 추정을 할 수 있는 장점이 있다. 하지만 추정비용이 가장 많이 드는 방법이고, 규제의 성격에 따라 일반균형모형을 통한 분석이 필요하지 않은 경우도 많다.

〈표 III-48〉 화학물질의 규제에 따른 비용 추정방법

추정방법	특징 및 장점	단점
직접준수 비용 접근법	• 비교적 추정이 용이 • 객관적 자료에 기초 • 비교적 타당한 규제비용의 근사치 제공 가능	• 경제적 파급효과가 큰 규제의 경우 비용의 과소추정 가능성
부분균형 모형	• 전통적으로 가장 많이 쓰이는 접근방법으로서 분석비용 적정 • 후생감소비용에 대한 고려 가능	• 기본적으로 단일 혹은 소수의 시장만을 고려하기 때문에 후생효과 분석에 한계 있음
다시장 모형	• 부분균형모형보다 확장된 다수의 시장간 상호연계성 고려	• 다수의 시장을 고려하기는 하나 일반균형모형과 같은 시장간 환류효과(feedback effect)를 종합적으로 고려 못함
일반균형 모형	• 경제 전체에 대한 종합적 고려 가능 • 규제에 의한 경제적 파급에 따른 비용추정에 있어 다양한 효과를 모두 고려	• 추정비용이 가장 많이 소요됨. • 규제의 특성에 따라 일반균형모형을 반드시 적용할 필요 없는 경우 있음

출처: 환경부(2003), 108쪽

(가) 직접준수비용 접근방법

화학물질 규제로 인해 발생하는 비용은 직접준수비용을 계산하는 방법으로 추정할 수 있다. 이는 사회적 비용을 추정하는 방법 중 가장 단순한 접근방식이라고 할 수 있다. 이 경우 특정 규제의 사회적 비용은 새로운 규제를 따르기 위해 기업들이 지불해야 하는 공학적 또는 여타 준수비용으로 한정한다.

이 접근방법은 특정 규제로 인한 시장에서의 가격과 생산량 변화가 적은 상황에서는 사회적 비용의 근사치를 추정하는 효과적인 방법이 될 수 있다. 만약 기업들이 규제를 준수하기 위해 더욱 적은 비용이 소요되는 생산요소나 생산공정으로 전환할 수 있다면, 직접준수비용 접근법으로 파악된 비용이 실제 사회적 비용보다 과다 추정될 수도 있다.

이러한 화학물질 규제의 직접준수비용을 추정하는 구체적 방법에는 시장가격 또는 기회비용을 통하여 계량화하는 일반적인 방법과 더불어 공학적 방법(engineering approach), 설문조사법(survey approach), 생산경제학모형(production economics model) 등이 있다. 여기서는 직접준수비용을 추정하기 위해 시장가격 또는 기회비용을 이용하는 방법에 대해서는 추가적인 설명을 하지 않고, 다른 방법들에 대해 정리한다.

① 공학적 방법

공학적 방법은 화학물질 규제의 비용 계산을 위해 흔히 사용되는 방법 가운데 하나이다. 이 방법은 화학물질 규제의 비용을 계산할 때 기술관련 전문가들의 지식에 크게 의존하는 방법이다. 이 방법을 이용하고자 하는 경우 먼저 관계된 공학자 및 관련 전문가를 소집하여 화학물질의 규제수준을 달성하기 위해 사용할 수 있는 여러 방법의 실행을 위해 필요한 모든 장비, 노동력, 투입물의 사용량을 계산하도록 한다. 이들 투입물의 다양한 조합이 목표 규제수준을 달성할 수 있는 것이므로 공학자와 전문가는 목표를 달성할 수 있는 각각의 투입물 조합과 각 조합을 선택할 때 소요되는 설치비와 운영비를 모두 산정하여야 한다.

이어서 공학자 및 전문가는 이용 가능한 투입물 조합 가운데 설치비와 운영비의 합이 가장 적은 투입물 조합을 찾아내고, 화학물질 규제에 의한 비용을 추정하기 위해 화학물질의 규제수준의 최소 저감비용을 모두 더하여 주는 절차를 밟는다. 이렇게 계산된 비용이 바로 공학적 방법을 통해 계산한 화학물질 규제의 준수비용이다.

이상과 같이 공학자 또는 전문가의 지식에 의존하여 규제비용을 계산하는 공학적 방법은 자주 사용되는 분석 방법이지만, 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, 이 방법은 미래의 투입물 가격의 변동이나 기타 경제적 변수들을 고려하지 않고, 현 수준에서 이용 가능한 기술 수준과 소요 경비만을 검토하여 저감비용을 계산한다. 따라서 미래에 발생할 예기치 못할 변화를 충분히 고려하지 못하는 단점을 가진다.

둘째, 현실 산업안전보건법의 화학물질은 매우 다양한 기술 및 시장 조건에 있기에 공학적 방법을 적용하기 위해서는 각기 다른 조건에 놓여 있는 다양한 화학물질의 규제 수준을 달성할 수 있는 최소저감비용을 달성할 수 있는 방법을 모두 분석하여야 한다. 그렇지 않고 제한된 수의 화학물질의 규제 수준 관련 생산 및 저감기술만을 분석하여 이에 기초하여 전체 저감비용을 도출하면 상당한 정도로 왜곡된 저감비용을 도출할 수도 있다.

마지막으로 공학적 방법은 화학물질을 취급하는 기업이 실제로 자신의 저감비용을 최소화하도록 의사결정을 한다고 전제하고 있다. 그러나 기업들은 자신이 처한 경영 및 기술상의 특징과 정부규제 등의 영향으로 인해 반드시 공학자가 예상하는 저감기술을 선택하지 않을 수도 있다. 기업들이 공학적 방법이 예측하는 최소비용기술을 선택하지 않으면, 공학적 방법은 화학물질 규제의 비용을 과소평가할 가능성이 있다.

② 설문조사법

공학적 방법이 화학물질 규제의 비용을 계산할 때 소수 전문가의 전문지식에 의존함에 반해 설문조사법은 규제에 직면한 기업들의 저감비용 관련 지식

을 이용하는 방법이다. 이 방법은 화학물질 규제와 관련된 기업들을 대상으로 설문조사를 실행하여 해당 기업들이 정부규제를 준수하기 위해 지출하여야 하는 비용을 파악한다.

설문조사법은 규제 대상 기업들에 대한 직접적인 비용조사법으로서, 광범위한 기업의 저감비용에 대한 공학적 분석이 힘들 경우에 사용할 수 있는 유용한 방법이다.

설문조사법 역시 몇 가지 단점을 가지고 있다. 첫째, 이 방법은 해당 기업이 화학물질 규제를 준수하는 데 드는 비용을 정확히 알고 있다고 전제하고 있다. 그런데 이러한 전제가 성립되지 않으면 왜곡된 정보를 도출할 가능성이 있다. 둘째, 정보의 비대칭적 상황에서는 해당 기업들은 전략적으로 행동하고자 하는 동기를 가진다. 따라서 설문조사를 통해 해당 기업의 저감비용에 관한 질문에 대해 의도적으로 과소평가되거나 과대평가된 저감비용을 대답할 가능성이 있다.

③ 생산경제학모형

생산경제학모형을 활용한 방식은 기업이 규제 환경에서 실질적으로 선택하는 생산 기술과 다양한 투입물의 사용 형태를 분석하여 비용을 산정하는 방법이다. 이 점에서 보면, 생산경제학모형은 앞서 언급한 두 분석 방법과는 다르게, 기업의 선택 상황을 명백하게 고려하는 분석 방법이라고 할 수 있다.

예를 들어, 정부가 설정한 특정 화학물질의 노출 상한 R 을 가정하고, 이 R 은 기업별로 혹은 시점별로 서로 다르다고 가정해 보자. 기업이 사용하는 다양한 투입물의 시장가격을 $w_1, \dots, w_N$ 라 하고, 기업이 규제 R 하에서 특정 수준의 생산량 y 를 생산한다고 가정하자. 이런 상황에서 각 기업은 규제 R 하에서 y 를 생산하는데 필요한 비용을 최소화하는 투입물 조합 $(x_1, \dots, x_N)$ 을 선택할 것이다. 이처럼 기업들이 자신의 비용을 최소화하기 위해 노력할 때 도달하는 최소 비용을 투입물의 시장가격, 규제 수준, 생산량의 함수로 표현하는 것을 비용함수(cost function)라 하며, 이는 함수로 $c(w_1, \dots, w_N, y, R)$

와 같이 표현된다.

시간적 또는 공간적 차이로 인해 각각 다른 투입물 가격과 노출 상한, 생산량 등을 접하는 기업들이 실제로 선택한 투입물 조합에 대한 정보를 얻을 수 있다면, 이들 자료를 활용하여 비용함수 $c(w_1, \dots, w_N, y, R)$ 를 통계적으로 추정할 수 있다. 화학물질의 노출 수준 관련된 규제가 강화됨에 따라 동일한 산출물 생산에 필요한 비용이 증가할 것이므로, 일반적으로 비용은 화학물질 노출 상한이 증가함에 따라 감소할 것이다. 만약 정부의 규제가 현재 노출 수준보다 한 단위 줄어든다면, 이로 인해 기업의 비용은 $\frac{\Delta c(w_1, \dots, w_N, y, R)}{\Delta R}$ 만큼 증가할 것이고, 이것이 바로 기업의 한계저감비용이다.

생산경제학모형은 생산자가 실제로 선택한 생산기술 및 투입물 조합을 분석하여 한계저감비용을 산정하고, 생산자의 비용최소화 행위와 일치하는 모형을 구축하여 분석한다는 점에서 매우 적절한 분석 방법이라고 할 수 있다.

그러나 이 방법 역시 몇 가지 한계를 가지고 있다. 첫째, 이 방법은 위의 비용함수에서의 R 와 같이 외생적으로 결정된 규제 수준이나 노출 상한이 존재하고, 기업이 이러한 규제 수준이나 노출 상한을 정확히 준수하고 있다는 가정 하에서만 적용될 수 있다. 따라서, 현재 규제 수준이나 노출 상한이 존재하지 않거나, 존재하더라도 기업이 이를 준수하지 않을 경우에는 생산경제학모형을 사용할 수 없다.

둘째, 생산경제학모형은 규제 수준이 크게 강화될 경우, 정확한 저감비용 계산에 제약이 있다. 노출 규제를 강화로 인해 기업이 부담해야 하는 총비용을 계산하기 위해서는, 먼저 비용함수를 추정하여 한계저감비용을 구한 후, 초기의 노출 규제와 새로운 노출 규제 사이에서 형성되는 한계저감비용곡선 아래의 면적을 계산해야 한다. 그러나 정부가 새롭게 도입하는 규제 수준이 초기의 규제 수준보다 훨씬 강력하다면, 기업이 이를 달성하기 위해 기존의 생산기술과는 전혀 다른 새로운 생산기술을 도입해야 할 수도 있다. 예를 들어, 기업의 화학물질 노출 상한이 약간 감소하는 경우, 화학물질의 종류나 사용량을 조정하여 새로운 노출 기준을 충족시킬 수 있지만, 노출 상한이 크게

줄어드는 경우, 화학물질 사용 형태의 변화만으로는 노출 기준을 만족시키지 못하고, 새로운 설비를 설치해야 하는 상황이 발생할 수 있다. 이러한 경우, 앞서 설명한 공학적 방법이나 설문조사법이 생산경제학 모형보다 더 적합할 수 있다.

(나) 부분균형 분석방법

직접준수비용만을 이용하여 사회적 비용을 계산하는 방법은 기본적인 접근 방식이지만, 일정한 한계를 가지고 있다. 이에 따라, 규제로 인한 기업의 준수 비용이 생산자와 소비자에게 미치는 경제적 영향을 모형화하는 부분균형분석(partial equilibrium analysis) 방법을 대안적인 접근 방식이 될 수 있다. 이 방법은 규제로 인해 발생하는 다양한 비용 중 준수비용뿐만 아니라 사회적 후생손실 비용, 단기간의 비자발적 실업과 같은 이전비용까지 고려할 수 있는 접근법이다. ‘부분’이라는 용어는 수요와 공급에 대한 분석이 특정 규제에 의해 영향을 받는 단일 혹은 소수의 시장에 한정되어 이루어지기 때문에 사용되었다. 이 경우, 다른 시장들은 규제의 영향을 받지 않거나 그 영향이 미미하다고 가정된다.

예를 들어, 새로운 화학물질 규제가 도입되면 기업은 이를 준수하기 위해 생산비용이 증가하게 되며, 이는 생산함수의 변화를 초래한다. 이에 따라, 부분균형분석을 통해 수요함수, 정책 변경 전후의 생산함수, 시장가격과 생산량 정보를 활용하여 생산자와 소비자 잉여의 변화를 계산할 수 있다.

이러한 부분균형모형은 규제로 인한 사회적 비용을 추정하는 과정에서 가장 일반적으로 사용되는 방법이다. 부분균형모형을 통해 규제 이전의 기준선(baseline)과 새로운 규제에 따른 예상 변화를 비교함으로써 사회적 비용을 추정한다. 하지만 특정 규제가 경제 전반에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우에는 부분균형분석보다는 일반균형분석이 더 적합한 분석 방법이 될 수 있다.

(다) 다시장(multi-market) 모형

다시장모형은 부분균형모형에 비해 더 많은 시장을 고려한다는 점에서 확장된 모형으로 볼 수 있다. 다시장모형은 여러 시장 간의 상호연계성을 고려한 분석을 수행한다. 그러나 일반균형분석과는 다르게, 다시장모형은 경제 전체를 완전히 포함하지는 않는다.

예를 들어, 특정 화학물질과 그 화학물질이 포함된 제품에 대한 전반적인 규제가 시행된다고 가정해 보겠다. 이때, 해당 화학물질 규제에 따른 사회적 비용 분석을 수행한다고 하면, 다시장모형을 사용하면 특정 화학물질의 생산 시장과 해당 화학물질을 중간재로 사용하는 여러 시장 간의 상호 연결성에 대한 분석이 가능해진다. 특정 화학물질의 가격은 다양한 시장에서의 그 화학물질에 대한 수요와 공급에 의해 결정되며, 이는 다시 해당 화학물질을 중간재로 사용하는 여러 시장의 가격과 생산량에 영향을 미친다. 이런 상황에서 다시장모형은 시장 간의 연결성과 그로 인한 후생효과를 고려하여 특정 화학물질 규제로 인한 사회적 비용을 분석하는데 효과적인 방법이 될 수 있다.

(라) 일반균형 분석방법

특정 화학물질 규제가 경제 전체에 미치는 모든 시장에서의 비용을 측정하는 방법으로는 일반균형모형이 있다. 이 일반균형모형에는 산업연관분석을 통한 투입산출모형(input-output model, IO)과 계산가능한 일반균형분석(computable general equilibrium, CGE)이 포함되며, 이들은 규제의 경제적 파급효과를 분석하는데 주로 사용된다.

부분균형접근법이나 다시장모형은 규제가 미치는 영향이 한정된 시장에 국한될 때 적용할 수 있다. 그러나, 경제 내에 무수히 많은 다양한 시장 간의 상호 연결성을 전반적으로 분석하기에는 한계가 있다. 예를 들어, 화학물질 규제 중에서 해당 화학물질을 생산하거나 사용하는 경제의 많은 부문에 직접적이거나 간접적인 영향을 미치는 경우, 일반균형분석방법이 더욱 적절한 접근 방식이라고 할 수 있다.

현실 경제에서는 한 시장에서 발생하는 변화가 다른 시장에 영향을 미치며, 이는 경제 전체로 확산된다. 따라서, 현실적인 경제 분석을 위해서는 각 시장 간의 상호 연결성을 고려해야 한다. 이러한 생각의 이론적 근거는 바로 일반 균형이론(general equilibrium)이다.

(2) 화학물질 관리에 의한 사회적 비용

가) 준수비용 산정

(가) 생산비용의 변화를 통한 준수비용의 산정

화학물질 관리에 따른 생산비용의 변화는 기본적으로 제품의 단위 생산비용(평균 생산비용)의 비용 변화분을 제품의 매출량(또는 출하량)에 곱하여 구할 수 있다.

화학물질 규제로 인하여 특정 화학물질을 더 비싼 화학물질로 교체해야 하면, 제품의 단위 생산비용(평균 생산비용)이 증가한다. 결국 규제로 인한 단위 생산비용(평균 생산비용)의 증분(Δc)은 규제 이후의 단위 생산비용(c_2)에서 규제 이전의 단위 생산비용(c_1)을 차감하여 산정할 수 있다.

$$\Delta c(\text{규제로 인한 단위 생산비용})$$

$$= c_2(\text{규제 이후의 단위 생산비용}) - c_1(\text{규제 이전의 단위 생산비용})$$

규제 이전 제품의 매출량(또는 출하량)을 q_1 , 규제 이후 제품의 매출량(또는 출하량)을 q_2 라고 하면, 규제로 인한 생산비용의 증분은 다음과 같은 식에 의해 산정할 수 있다.

$$\text{규제로 인한 생산비용의 증분} = \Delta c \times (q_2 \text{ 또는 } q_1) = (c_2 - c_1) \times (q_2 \text{ 또는 } q_1)$$

규제로 인한 생산비용의 증분을 계산할 때 매출량(또는 출하량)은 규제 이후의 매출량(또는 출하량)인 q_2 를 우선 적용하여 산정한다. 만약 규제 이후 매출량(또는 출하량) 정보를 확보하기 어려운 경우에는 차선택으로 규제 이전 매출량(또는 출하량)인 q_1 을 이용하여 산정한다.

이상과 같은 방식은 관리 수준 변화로 인한 생산비용의 증분을 제품의 단위 생산비용(평균 생산비용) 증분을 우선 파악한 뒤, 그 단위 생산비용의 증분에 매출량(또는 출하량)을 곱하여 산출한다.

이 단계 이전에 단위 생산비용(평균 생산비용)을 산정하기 위해서는 화학물질의 관리수준 변화로 인한 시설(설치)비용(고정비용) 및 운영비용(가변비용)의 변화를 산정하여야 한다. 시설(설치)비용은 한 번 설치(또는 구입)한 이후에는 생산량에 따라 비용이 변동하지 않는 비용을 의미하고, 운영비용은 생산량의 변화에 따라 변화는 비용을 지칭한다.

화학물질의 관리수준 변화로 인한 시설(설치)비용으로는 국소배기장치 또는 밀폐설비의 설치 비용 등이 포함될 수 있다. 한편 화학물질 관리수준 변화로 인한 운영비용에는 설치한 시설의 유지관리비용, 서류 작성비용, 교육 비용, 측정 및 진단비용 등이 포함될 수 있다.

김태운 등(2014)에서는 화학물질의 관리수준 변화에 따른 규제비용(즉, 사업주의 준수비용)을 다음과 같이 파악하고 있다.

〈표 III-49〉 화학물질 관리 수준 변화에 따른 사업체의 준수비용 항목

구분	준수비용 항목
노출기준 설정물질 → 관리대상 유해물질	• 국소배기장치 설치 및 유지관리비용 • 밀폐설비의 설치 및 유지관리비용 • 보호구 및 보호복 지급 및 유지관리비용 • 세척시설, 용기 등의 화학물질 관리를 위해 소요되는 비용 • 유해위험방지계획서 작성비용 • 특별안전·보건교육 비용

구분	준수비용 항목
	• 작업환경측정비용 • 특수건강진단비용
노출기준 설정물질 → 특별 관리물질	• 국소배기장치 설치 및 유지관리비용 • 밀폐설비의 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
관리대상 유해물질 → 특별 관리물질	• 국소배기장치 설치 및 유지관리비용 • 밀폐설비의 설치 및 유지관리비용 • 작업환경측정비용(면제, 횟수 조정 → 특별관리) • 특수건강진단비용 • 특별관리물질 취급일지 작성비용 • 특별관리물질 고지비용

출처: 김태윤 등(2014), 239 ~ 245쪽

김태윤 등(2014)에서는 화학물질의 관리수준 변화에 따른 규제비용의 항목별 단위비용을 피규제 사업자들을 대상으로 한 설문조사 결과와 보건관리대행기관/안전관리대행기관/특수건강검진기관/작업환경측정대행기관에의 전화 인터뷰 및 견적서 등을 비교하여 신뢰성이 높은 금액을 다음 표와 같이 설정하였다.

〈표 Ⅲ-50〉 규제비용 측정 결과

구분	설문항목	설문 평균값 (원)	비고
국소배기 장치 설치 및 비용	설치개수	14	- 국소배기장치 설치비용은 전체의 87.9%(국소배기장치, 밀폐설비 중 1개 설치) - 기타비용(극히 일부 사업장에서 답변이거나 금액의 오차가 큰 금액은 포함하지 않음)
	비용(1개 당)	87,555,977	
	면적(㎡)	114	
	면적비용	22,221,818	
	기타비용	7,200,000	
	유지관리비용(1개 당)	3,722,050	
밀폐설비 설치 및 비용	설치개수	93	밀폐설비 설치비용은 전체의 12.1%(국소배기장치, 밀폐설비 중 1개 설치)
	비용(1개 당)	11,166,667	
	면적(㎡)	1,525	
	면적비용	9,500,000	
	기타비용	-	
	유지관리비용(1개 당)	833,333	
보호구 및 보호복 비용	내구용품	3,693,608	
	소모품	5,877,386	
세척시설 용기 등 비용	세척시설 유지관리비용	147,413,533	
	용기 구입 및 유지관리비용	8,932,222	
유해위험 방지 계획서 작성	시행방법(자체/대행)	(55%/45%)	- 제조업 평균 시간당 금액 14,558원 사용 - 유해위험방지계획서 대행기관 평균: 4,750,000원 - 설문조사 비용 채택
	비용(1건 당)	5,075,000	
	소요시간(1건 당)	29	
	연간 시행건수	3	
	1인당 작업생산량 손실	3,516,667	
특별안전 보건교육	시행방법(자체/대행)	(71%/29%)	- 제조업 평균 시간당 금액 14,558원 사용 - 안전보건교육 대행기관 평균: 건당 200,000원 - 설문조사 비용 채택
	비용(1건 당)	365,695	
	소요시간(1건 당)	8	
	연간 시행건수	9	
	교육인원	17	
작업환경 측정비용	측정대상 해당 유무		- 제조업 평균 시간당 금액 14,558원 사용 - 연간 시행건수는 산업안전보건법에 의해 연간 2건 시행함 - 작업환경측정비용 대행기관
	시행방법(자체/대행)	(0%/100%)	
	비용(1건 당)	2,560,279	
	소요시간(1건 당)	12	
	연간 시행건수	2	

구분	설문항목	설문 평균값 (원)	비고
	서류 보존비용(30년)	722,727	평균: 근로자 수에 따라 375,000원 ~ 2,420,000원
특수건강 진단비용	진단대상근로자 해당 유무	17	• 제조업 평균 시간당 금액 14,558원 사용 • 특수건강진단기관 평균: 인당 119,308원 • 연간 시행건수는 산업안전보건법에 의해 연간 평균 2회로 가정
	비용(1건 당)	468,557	
	소요시간(1건 당)	3	
	연간 시행건수	5	
	서류 보존비용(30년)	804,545	
특별관리 물질 취급일지 작성비용	비용(1건 당)	140,558	• 제조업 평균 시간당 금액 14,558원 사용 • 30년 서류 보존비용: 763,636원
	소요시간(1건 당)	10	
	서류 보존비용(30년)	763,636	
특별관리 물질 고지비용	비용(1건 당)	140,558	• 제조업 평균 시간당 금액 14,558원 사용 • 30년 서류 보존비용: 763,636원
	소요시간(1건 당)	10	
	서류 보존비용(30년)	763,636	

출처: 김태윤 등(2014), 246 ~ 248쪽의 <표 VI-1>

화학물질의 관리수준 변화에 따른 준수비용 항목 및 단위비용의 산정방식을 검토하고, 단위비용을 최근 비용으로 최신화할 필요가 있다.

우선, 준수비용 항목은 화학물질의 관리수준 변화로 인한 주요 시설(설치) 비용 및 운영비용이라고 판단된다. 김태윤 등(2014)에서 해당 준수비용 항목을 도출하기 위해 전문가 자문 및 산업계 의견 반영 등을 거쳤기 때문이다.

준수비용 항목의 단위비용 산정하기 위해 김태윤 등(2014)은 산업계 설문조사 및 보건관리대행기관/안전관리대행기관/특수건강검진기관/작업환경측정대행기관으로부터의 비용 정보를 확인하였다. 이미 상당한 시간이 지났기에 최근 비용으로 최신화할 필요도 있긴 하지만, 주요 시설(국소배기장치, 밀폐설비)의 경우 현재 산정된 평균 설치비용을 이용하는 방식은 개선할 필요가 있다고 판단된다. 왜냐하면 화학물질별로 사업장의 취급량도 차이가 있기에 설치해야 하는 시설도 동일한 용량을 갖춘 시설이라고 보기는 어려울 수 있기

때문이다.

이와 같은 상황을 고려하여 화학물질 관리수준 변화에 따른 주요 시설의 설치비용을 산정하기 위해서는 대상이 되는 사업장을 파악하여, 그 사업장의 주요 시설 설치 필요성 및 설치 비용을 추정하는 방식이 필요하다.

산업계의 준수비용 등의 비용을 산정하기 위한 방법에는 공학적 방법, 설문조사법, 생산경제학모형 등을 활용할 수 있다. 또한 기존 연구에서 유사한 사례에 대해 산정된 비용 정보가 있다면, 해당 비용 정보를 활용할 수도 있다.

하지만 현실적으로 산업안전보건법 화학물질 관리수준 변화에 따른 산업계 준수비용 등의 비용 산정을 위해서 먼저 설문조사법을 고려할 수 있다. 이 방법은 다른 방법과 달리 산업계의 현황에 기초해 화학물질 관리수준 변화로 인한 준수비용 등의 비용을 추정할 수 있는 장점이 있다.

설문조사를 이용하여 산업계 준수비용 등의 비용을 산정하는 과정은 5단계로 구분할 수 있다.

〈표 III-51〉 설문조사에 의한 산업계 준수비용의 산정 과정

구분	산업계의 준수비용 산정 과정
1단계	• 특정 화학물질 관리수준 변화에 따른 대상 사업장(기업) 파악 • (고용노동부의 「작업환경실태조사」 및 환경부 「화학물질 통계조사」로부터 사업장(기업) 확인
2단계	• 대상 사업장(기업)의 특정 화학물질의 취급량(제조, 사용 등) • 대상 사업장(기업)의 현황(업종, 주요 생산품, 종업원수, 매출액 등)
3단계	• 대상 사업장(기업)의 준수비용 등의 비용 파악을 위한 설문지 작성 • 준수비용 등의 비용 파악을 위한 전수조사/표본조사 설계
4단계	• 표본 대상 사업장(기업)에 대한 전수조사/표본조사 실행
5단계	• 표본 조사 결과를 이용한 모집단의 총 준수비용 등의 비용 산정

우선, 1단계는 특정 화학물질 관리수준 변화에 영향을 받는 대상 사업장(기업)을 파악하는 단계이다. 이때 활용할 수 있는 자료로는 고용노동부의 『작업환경실태조사』 및 환경부의 『화학물질 통계조사』가 있다.

고용노동부의 『작업환경실태조사』는 1991년 수립한 작업병예방 종합대책에 따라 1993년부터 매 5년 주기로 전국 제조업체의 작업환경실태를 조사하고 있다. 이 자료에는 전국 사업장의 일반현황, 화학물질 취급현황, 위험기계·기구 및 설비 보유현황, 유해작업환경현황 등을 포함하고 있다.

〈표 III-52〉 2019년 『작업환경실태조사』의 대상 사업장 현황

구분		사업장 수	조사대상	비고
전체 사업장		1,048,757개소	180,000개소	
제조업	5인 이상	141,151개소	141,151개소	전수조사
	5인 미만	16,462개소	16,462개소	표적업종 전수조사(9개업종)
		196,532개소	12,387개소	비표적업종 표본조사
비제조업	전 규모	694,546개소	10,000개소	표적업종 표본조사(19개업종)

출처: 고용노동부(2019), 2쪽

화학물질과 관련된 내용으로는 화학물질 제조·취급 사업장 현황(지역별/산업분류별)이 포함되는데, 여기에는 허가·관리대상유해물질, 측정·특검대상물질, 안전검사PSM대상물질 등 700여종의 화학물질을 대상으로 조사되고 있다. 화학물질의 취급현황은 취급물질에 대해서는 화학물질명, 취급량, 공정, 용도, 근로자수 등이 조사되고, 제조물질에 대해서는 화학물질명, 연간생산량, 함유량 등이 조사되고 있다. 또한 밀폐공간작업 보유 사업장 현황(지역별/산업분류별)에 관한 정보도 조사되고 있다.

〈표 III-53〉 『작업환경실태조사』의 조사항목

구분	주요내용
1. 사업장 일반현황	• 일반현황 : 주생산물, 전기계약용량, 교대근무, 야간작업 등 • 고용현황 : 고용형태, 취약계층(장년, 외국인, 장애인) 등 • 근골격계부담작업 및 위험성평가 • 산업보건기초제도 : 작업환경측정, 특수건강진단
2. 화학물질 취급현황	• 취급물질 : 화학물질명, 취급량, 공정, 용도, 근로자수 등 • 제조물질 : 화학물질명, 연간생산량, 함유량 등
3. 기계·기구 및 설비현황	• 안전검사·인증 대상 기계·기구 및 설비 보유 현황
4. 작업환경현황	• 소음·진동·분진·흠 발생작업, 고열·한랭·다습작업, 밀폐공간작업, 나노물질·방사선 취급작업, 사내도급 등

출처: 고용노동부(2019), 11쪽

환경부의 『화학물질 통계조사』는 화학물질을 제조하거나 저장, 사용, 수출·수입하는 사업장을 대상으로 매 2년마다 화학물질의 취급과 관련된 취급현황, 취급시설 등에 관한 통계조사를 실시하고 있다. 이 조사 자료는 화학물질 종합정보시스템(icis.me.go.kr)을 통해 제공하고 있다.



[그림 III-8] 환경부의 화학물질 종합정보시스템 화면

1단계에서는 특정 화학물질을 취급하는 사업장(기업)의 현황과 화학물질별 취급량/제조량 정보를 파악하여, 특정 화학물질의 관리수준 변화에 영향을 받는 산업계 사업장(기업)의 모집단을 구축한다.

2단계는 특정 화학물질의 관리수준 변화로 영향을 받는 산업계 사업장(기업)의 준수비용 등의 비용 산정에 필요하다고 판단되는 정보를 정리한다. 여기에는 화학물질의 취급량(제조, 사용 등)과 대상 기업의 현황(산업분류, 주요 생산품, 종업원수, 출하액(매출액) 등)을 포함한다. 이 정보는 모집단의 준수비용 산정을 위한 전수조사/표본조사를 설계할 때, 모집단을 대표할 수 있도록 활용한다.

3단계는 대상 사업장(기업)의 화학물질 관리수준 변화로 인한 준수비용 등의 비용 변화를 파악할 수 있는 설문지를 작성한다. 여기에는 특정 화학물질 관리수준의 변화로 인한 사업장(기업)의 준수비용 측정을 위한 문항을 기본으

로 하고, 그 외의 직접비용 및 간접비용, 기타 사회경제적 영향과 관련된 정보도 함께 설문문항에 포함한다.

표본 및 조사 설계에서는 모집단에서 대상 사업장(기업)에서 산업분류, 기업규모(대기업, 중소기업, 영세기업 등), 화학물질 취급량(제조, 사용 포함), 화학물질 관련 종업원수, 생산량 및 출하액(매출액) 등을 고려하여 모집단을 대표할 수 있도록 표본조사할 대상 사업장(기업)을 추출하여 조사한다.

조사 방법은 조사 여건을 고려하여 대면조사 또는 비대면조사(이메일 활용한 설문지 조사, 웹에서 구축한 설문지에 답변하도록 하는 조사 등)을 검토한다. 조사 가능성, 조사의 수월성, 시간적/예산적 제약 등을 고려하여 종합적으로 조사 방법을 선택한다.

4단계는 전수/표본 대상 사업장의 조사를 실행하는 단계이고, 마지막 5단계는 전수/표본 조사 결과를 분석하여 산업계 준수비용을 산정하는 단계이다. 일부 사업장(기업)을 전수 조사하고 그 외의 사업장(기업)을 표본 조사한 경우에는 모집단의 현황 정보를 고려하여 모집단 전체의 준수비용을 산정한다.

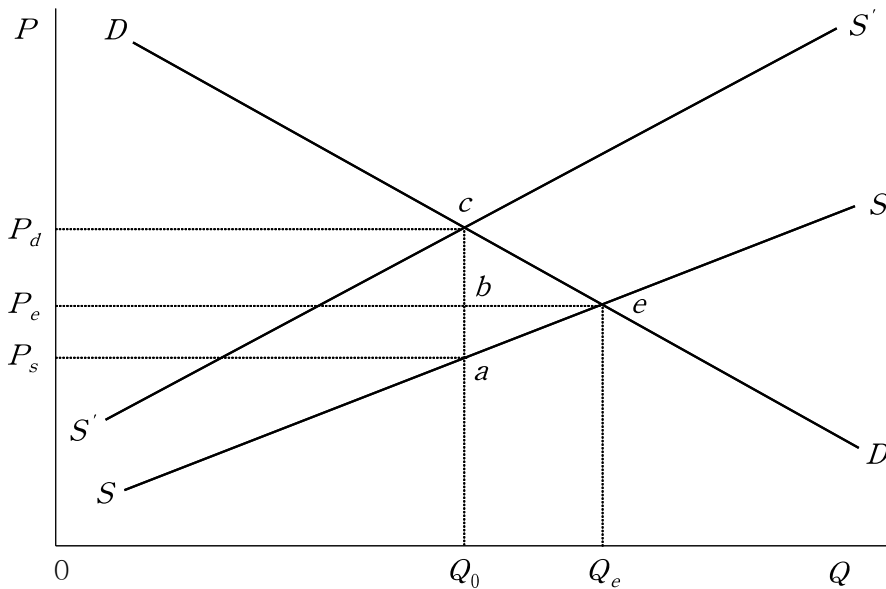
(나) 산업계의 증가된 생산비용의 전가와 사회적 비용¹¹⁾

화학물질의 규제로 산업계의 직접 준수비용이 증가할 때 그 비용 전체를 산업계가 부담하는 비용으로 간주할 수 있다. 그러나 산업계는 화학물질의 규제에 따른 산업계의 비용을 가격 상승을 통해 소비자에게 일정 정도 부담을 전가(shift)할 수 있다. 따라서 화학물질의 규제에 따른 산업계의 부담을 정확히 추정하고자 할 때는 산업계의 제품가격 상승에 의한 부담 전가 정도를 평가해서 반영하여야 한다.

[그림 III-9]에서 화학물질 규제 이전의 산업계 공급곡선은 S 였지만, 화학물질의 규제로 인하여 생산비용이 증가하여 산업계의 공급곡선이 S' 으로 이동하였다. 이때 화학물질 규제 이전 해당 제품의 시장 균형은 e 에서 새로운

11) 신영철 등(2017b)에서 환경부(2003)의 177~181쪽을 발췌·인용한 내용을 본 연구의 내용을 고려하여 재정리하였다.

시장 균형이 c 로 이동한다. 따라서 화학물질 규제 이전 해당 제품의 시장 가격은 P_e 에서 규제 이후 P_d 로 상승한다. 원래는 새로운 시장 균형 수급량 Q_0 수준에서 제품의 한계생산비용이 $\overline{ac}$ 만큼 상승(즉, $P_d - P_s$)하지만, 제품 가격 상승을 통해 $\overline{bc}$ 만큼 상승분(즉, $P_d - P_e$)는 제품 가격 상승을 통해 소비자에게 부담을 전가한다. 그 결과 산업계는 제품의 한계생산비용 중 일부인 $\overline{ab}$ 만큼 비용 증분(즉, $P_e - P_s$)만 부담하게 된다.



[그림 III-9] 산업계의 생산비용 증가의 부담 전가

일반적으로 화학물질의 규제에 따른 생산비용의 증가는 산업계의 직접 준수비용으로 산업계의 부담이 되지만, 소비자와 생산자 간 이러한 비용의 분담은 해당 제품 시장의 수요곡선의 탄력성과 공급곡선의 탄력성에 의해서 결정된다. 수요곡선의 탄력성이 클수록, 공급곡선의 탄력성이 작을수록 증가된 생산비용을 생산자가 부담한다. 반면에 수요곡선의 탄력성이 작을수록, 그리고

공급곡선의 탄력성이 클수록 증가된 생산비용을 소비자가 부담하게 된다.

그러므로 화학물질의 규제에 따른 생산비용이 소비자 및 생산자 등의 경제 주체들에서 어떻게 배분되는가를 분석하기 위해서는, 수요 및 공급의 탄력성에 관한 정보가 필요하다. 수요 및 공급의 탄력성은 화학물질의 규제에 따라 영향을 받는 재화에 대한 수요의 특성, 그리고 생산 특성을 반영한다. 수요 탄력성은 소비자의 소득, 연령, 가계 현황 등에 따라 수요의 탄력성이 다르게 나타난다. 그리고 공급 탄력성은 생산기술의 특성에 따라 다르게 나타난다.

만약 화학물질의 규제에 따라 영향을 받는 재화 시장의 수요 및 공급 탄력성에 관한 정보가 있다면, 이러한 정보를 이용하여 화학물질의 규제에 따른 산업계의 준수비용 부담 배분에 대한 분석을 할 수 있다. 하지만 현실적으로는 재화의 수요 및 공급 탄력성을 확인할 수 있는 정보가 거의 없기에, 산업계의 부담 전가에 대한 분석을 위해서는 수요 및 공급 결정과 관련되는 상당한 정보를 이용하여 분석할 수밖에 없다.

결국 화학물질 규제로 인한 산업계의 준수비용을 추정하기 위해 제품 가격 상승분을 이용하여 산정하는 방식은 소비자에 대한 전가한 부담이 제외되는 결과를 가져온다. 따라서 이와 같은 방식을 이용하고자 하는 경우는 소비자에게 전가된 비용 부담 역시 사회적 비용에 포함해서 고려할 필요가 있다. 이때 소비자에게 전가된 부담분은 산업계의 부담은 아니지만, 사회적 관점에서는 화학물질 규제로 인한 비용이라고 보아야 한다.

나) 사회적 후생손실비용 산정 검토

(가) 규제로 인한 제품가격 상승에서의 자중손실

산업안전보건법 화학물질 규제로 인하여 [그림 III-9]와 같은 상황에서 제품 가격 상승을 통해 생산자가 소비자에게 부담을 전가하는 현상이 나타난다. 이때 이 제품 시장으로부터 자중손실(deadweight loss)라는 사회적 후생손실 비용이 발생한다. 이 또한 화학물질 규제로 인한 사회적 비용에 포함된다.

생산자 및 소비자는 시장에 참여하여 생산자 잉여 및 소비자 잉여를 얻고

있다. 그런데 화학물질 규제로 인하여 시장의 균형이 변화함에 따라 생산자 잉여 또는 소비자 잉여의 크기가 변화하게 된다. 소비자 잉여의 일부가 생산자 잉여로 이동하는 현상도 있지만, 이 시장에서 사라지는 후생손실이 있다. 그 후생손실 부분은 [그림 III-9]에서 $\triangle ace$ 로 표시되는 삼각형 면적으로 표시된다. 이 자중손실 부분은 규제 이전 소비자 잉여였던 부분 중 $\triangle bce$ 만큼이 자중손실이 되었고, 생산자 잉여였던 부분 중 $\triangle abe$ 만큼이 자중손실이 되었다. 이 자중손실은 화학물질 규제로 인하여 제품 가격 상승하는 경우 해당 제품 시장에서 발생하는 사회적 후생손실(비용)이다. 따라서 화학물질 규제로 인하여 제품가격이 상승하는 시장에서의 자중손실을 평가할 필요성이 있는지 확인해야 한다.

(나) 산업연관분석을 이용한 타산업부문의 가격 인상 효과 분석¹²⁾

산업안전보건법의 화학물질 규제로 인하여 특정 산업분야의 제품가격이 상승하고, 그 제품을 중간재로 사용하는 산업분야로 그 효과가 파급되는 경우 타산업 분야의 가격 인상을 산업연관분석을 이용하여 분석할 수 있다.

산업연관표를 활용한 최종수요의 생산, 부가가치 및 수입 유발효과 분석은 투입-산출표를 행(가로) 방향으로 본 수급 균형식을 이용한 양적인 파급효과 분석이다. 반면에, 투입-산출표를 열(세로) 방향으로 본 각 품목 부문의 투입 구성은 각 품목 부문의 생산활동에 대한 비용구조를 표현하는 것이므로, 이를 활용하면 가격의 파급효과도 분석할 수 있다.

물량 파급효과 분석은 최종수요를 독립변수로 설정하여 생산이나 수입, 즉 공급을 유발하는 파급효과를 분석한다. 반면에, 가격 파급효과 분석은 임금 등 부가가치 항목이나 투입된 원재료의 가격 변동을 독립변수로 설정하여 그것이 각 부문의 생산물 가격에 미치는 영향을 파악한다.

일반적으로 생산물의 단위가격은 생산물 한 단위당 비용과 이윤의 합으로

12) 신영철 등(2017b)에서 『산업연관분석해설』(한국은행, 2014)의 113~119쪽에서 필요한 부분을 발췌·인용한 내용을 재정리하였다.

구성된다. 이는 투입-산출표에서 볼 때, 다른 부문에서의 중간재 투입과 부가가치로 이루어져 있다. 즉, 생산물 한 단위의 가격은 한 단위당 중간 투입액과 부가가치액의 합과 같다. 생산물 한 단위당 중간 투입액은 해당 부문의 물량적 투입 계수에 투입되는 상품의 가격을 곱해 표시한다. 반면, 부가가치액은 부가가치율에 부가가치의 단위당 가격을 곱해 표시할 수 있다. 따라서, 생산물이 3가지라면, 가격에 관한 균형 방정식을 다음과 같이 작성할 수 있다.

$$\begin{aligned} a_{11}p_1 + a_{21}p_2 + a_{31}p_3 + a_1^vp_1^v &= p_1 \\ a_{12}p_1 + a_{22}p_2 + a_{32}p_3 + a_2^vp_2^v &= p_2 \\ a_{13}p_1 + a_{23}p_2 + a_{33}p_3 + a_3^vp_3^v &= p_3 \end{aligned} \quad (3-1)$$

위 식을 다시 행렬로 나타내면

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1^v & 0 & 0 \\ 0 & a_2^v & 0 \\ 0 & 0 & a_3^v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1^v \\ p_2^v \\ p_3^v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix}$$

$A' \quad p \quad \hat{A}^v \quad p^v \quad p$

가 된다. 여기에서 A' 는 물량투입계수행렬의 전치행렬, p 는 생산물가격 벡터, $\hat{A}^v$ 는 부가가치율의 대각행렬, p^v 는 부가가치의 단위가격 벡터를 나타낸다.

이 가격균형식을 p 에 대하여 풀면 다음과 같이 다부문 가격파급효과를 나타내는 역행렬을 구할 수 있게 된다.

$$A'p + \hat{A}^vp^v = p$$

$$\begin{aligned}
 p - A'p &= \hat{A}^v p^v \\
 (I - A')p &= \hat{A}^v p^v \\
 p &= (I - A')^{-1} \hat{A}^v p^v
 \end{aligned} \tag{3-2}$$

(3-2)식은 임금 등 부가가치 항목의 단위 가격을 독립 변수로 설정하여, 그것이 각 산업 부문별 생산물 가격에 미치는 파급효과를 측정하는 산업연관분석의 가격모형이다. 이 가격모형을 보면, 앞서 살펴본 물량 파급 모형과 형식적으로는 차이가 없으며, 단지 투입계수행렬의 전치행렬(Transpose Matrix)을 사용하는 점이 다를 뿐임을 알 수 있다.

위에서 설명한 내용은 투입-산출표를 활용한 가격 파급효과 분석의 기본 모형이라고 볼 수 있다. 실제로는 이 기본 모형을 바탕으로 다양하게 변형된 복잡한 형태의 가격파급모형이 사용된다.

예를 들어, 중간재로 사용된 특정 상품의 가격 변동이 각 산업에 미치는 파급효과를 분석할 경우, 해당 중간재를 내생 부문으로 처리한다면, 결국 자체 부문의 가격 변동이 자체 부문의 가격에 영향을 미치게 되는 모순에 빠질 수 있다. 그러므로, 해당 부문을 외생 부문으로 분류하는 등의 사전 작업이 필요하다.

투입-산출표를 열 방향으로 보면, 가격 균형 식은 일반 모형으로서, 생산품의 가격이 중간재로 사용한 다른 상품의 가격과 본원적 생산 요소의 가격에 의해 결정된다는 것을 의미한다. 그러나 본원적 생산 요소의 가격은 수입품 가격에 영향을 주지 않으며, 같은 중간재라도 국산품과 수입품의 가격에 차이가 있기 때문에, 더 적절한 가격 모형을 도출하기 위해서는 투입 계수를 먼저 국산품과 수입품으로 구분하는 것이 필요하다.

따라서 (3-1)식을 국산품과 수입품으로 구분하여 표시하면

$$p_1^d = (a_{11}^d p_1^d + a_{11}^m p_1^m) + (a_{21}^d p_2^d + a_{21}^m p_2^m) + (a_{31}^d p_3^d + a_{31}^m p_3^m) + a_1^v p_1^v$$

$$p_2^d = (a_{12}^d p_1^d + a_{12}^m p_1^m) + (a_{22}^d p_2^d + a_{22}^m p_2^m) + (a_{32}^d p_3^d + a_{32}^m p_3^m) + a_2^v p_2^v \quad (3-3)$$

$$p_3^d = (a_{13}^d p_1^d + a_{13}^m p_1^m) + (a_{23}^d p_2^d + a_{23}^m p_2^m) + (a_{33}^d p_3^d + a_{33}^m p_3^m) + a_3^v p_3^v$$

가 된다.

여기서 a^d 는 국산품투입계수, p^d 는 국산품가격, a^m 은 수입품투입계수, p^m 은 수입품가격을 나타낸다.

화학 물질 같은 본원적 생산 요소가 아닌 요소의 가격이 변동할 경우, 이를 중간재로 사용하는 다른 상품들의 가격에 미치는 파급효과를 분석하려면, 먼저 가격 변동이 발생한 부문을 내생 부문에서 외생 부문으로 이전 처리해야 한다.

예를 들어 (3-3)식에서 제2부문을 외생화하면

$$\begin{aligned} p_1^d &= (a_{11}^d p_1^d + a_{11}^m p_1^m) + (a_{31}^d p_3^d + a_{31}^m p_3^m) + (a_{21}^d p_2^d + a_{21}^m p_2^m) + v_1 (a_1^v p_1^v) \\ p_3^d &= (a_{13}^d p_1^d + a_{13}^m p_1^m) + (a_{33}^d p_3^d + a_{33}^m p_3^m) + (a_{23}^d p_2^d + a_{23}^m p_2^m) + v_3 (a_3^v p_3^v) \end{aligned} \quad (3-4)$$

가 되고, 이를 행렬로 표시하면

$$\begin{bmatrix} p_1^d \\ p_3^d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}^d & a_{31}^d \\ a_{13}^d & a_{33}^d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1^d \\ p_3^d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11}^m & a_{31}^m \\ a_{13}^m & a_{33}^m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1^m \\ p_3^m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{21}^d \\ a_{23}^d \end{bmatrix} p_2^d + \begin{bmatrix} a_{21}^m \\ a_{23}^m \end{bmatrix} p_2^m + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_3 \end{bmatrix} \quad (3-5)$$

$$\begin{aligned} p^d &= A^d p^d + A^{m'} p^m + A_s^d p_s^d + A_s^{m'} p_s^m + v \\ p^d &= (I - A^d)^{-1} (A^{m'} p^m + A_s^d p_s^d + A_s^{m'} p_s^m + v) \end{aligned}$$

가 되는데 이를 가격변동률모형으로 바꾸면

$$\dot{p}^d = (I - A^d)^{-1} (A^{m'} \dot{p}^m + A_s^d \dot{p}_s^d + A_s^{m'} \dot{p}_s^{m'} + \dot{v}) \quad (3-6)$$

가 도출된다.

여기서 A^d 및 $A^{m'}$ 은 외생화된 부문이 제거된 국산 및 수입 투입계수행렬의 전치행렬, A_s^d 및 $A_s^{m'}$ 은 가격이 변동된 상품(외생화한 부문)의 여타 부문으로의 국산 및 수입 투입계수들의 벡터를 나타낸다.

이때 수입품가격에 변동이 없다면 $\dot{p}^m=0$, $\dot{p}_s^{m'}=0$ 이고 부가가치도 변동이 없다면 $\dot{v}=0$ 이 되므로 (3-6)식은

$$\dot{p}^d = (I - A^d)^{-1} A_s^d \dot{p}_s^d \quad (3-7)$$

가 된다. 그러므로 가격 변동이 발생하는 부문을 외생화하여 $(I - A^d)^{-1} A_s^d$ 을 계산해 두면, 해당 부문의 가격 변동이 각 품목 부문에 미치는 가격 파급 효과의 정도를 분석할 수 있다.

(다) 산업연관분석을 이용한 사회적 후생손실비용 산정을 위한 고려

산업연관분석은 산업연관표를 이용하여 특정 산업분야의 제품 가격 상승이 경제 전반에 어느 정도 가격 상승을 유발하는지를 평가할 수 있다. 따라서 특정 화학물질의 규제로 인하여 특정 산업분야의 제품 가격이 상승하는 경우, 그 제품을 중간재로 사용하는 분야에 연쇄적으로 가격 상승을 가져올 수 있다. 여기에 각 산업분야의 거래량의 변화를 고려하면, 각 산업분야의 제품 가격 상승에 따른 자중손실(deadweight loss)라는 사회적 비용을 산정할 수 있다.

일반적으로 산업연관분석을 이용하여 특정 산업분야에서 특정 화학물질의 규제로 인하여 제품의 원가가 증가하였을 때, 산업계가 여러 가지 방식으로

대응하게 된다. 일반적으로 해당 화학물질이 사용하지 못하게 된 경우는 대체 화학물질을 찾게 된다. 그 경우는 화학물질 규제를 받지 않으면서 원가를 증가시키지 않는 조건을 만족하는 화학물질로 대체할 수 있다. 이 경우는 화학물질 규제로 인하여 원가의 증가 현상이 나타나지 않기 때문에, 산업 전체의 제품 가격 상승에 의한 사회적 비용이 발생하지 않는다.

한편 화학물질의 규제로 인하여 다른 대체 화학물질로 교체하는 과정에서 원가가 크게 증가하는 경우가 발생할 수도 있다. 이때 제품 원가에서 대부분 화학물질의 대체 비용이 차지하는 비중이 미미한 경우라면, 제품 가격 상승을 하지 않는다. 이 경우는 화학물질 규제로 인한 산업계의 비용은 해당 산업분야(또는 해당 기업)의 추가적인 원가 상승 총액이 화학물질 규제로 인한 준수 비용으로 집계될 뿐 추가적인 산업계에서의 비용은 발생하지 않는다.

만약 화학물질 규제로 인하여 다른 대체 화학물질 교체로 원가가 크게 상승하였을 뿐만 아니라 제품 원가에서 차지하는 화학물질 비용이 큰 경우라서, 화학물질 규제로 인하여 해당 산업분야(또는 기업)에서 생산하는 제품의 가격이 상승하는 경우를 생각해 볼 수 있다. 이 경우에는 해당 산업분야(또는 기업)의 화학물질 대체로 인한 원가 상승 총액만큼의 준수비용과 더불어 해당 제품 시장에서 가격상승에 따른 균형 수급량이 감소하는 경우 자중손실이라는 사회적 비용이 추가적으로 발생할 수 있다.

또한 특정 산업분야의 제품 가격 상승이 그 제품을 중간재로 사용하는 산업분야로 파급되고, 해당 산업분야에서도 가격 상승이 이어진다면 산업연관 분석을 통한 산업계 전반의 자중손실이라는 사회적 비용을 고려할 필요가 있다.

하지만 일반적인 경우 화학물질이 제품의 원가에서 차지하는 비중이 크지 않은 상황이고, 화학물질 규제로 인한 대응으로 원가 부담을 최소화하는 방식을 최우선 대응하고 있는 현실을 고려할 필요가 있다. 또한 비록 화학물질 규제로 인한 어느 정도의 제품 가격 상승 요인이 있다 하더라도 제품 가격 변화로 인한 산업 (또는 기업) 경쟁력 변화에 영향을 받는다고 판단할 수 있다. 이

와 같은 여러 가지 상황 중 한 가지만 충족되더라도 특정 산업분야에서 특정 화학물질 규제에 의한 사회적 비용이 전체 산업분야로 파급되는 경우는 나타나지 않게 된다.

결국 산업안전보건법의 화학물질 규제로 특정 분야의 제품 원가가 상승하고, 그 제품을 사용하는 산업분야가 많은 경우는 해당 분야만의 제품 원가 상승 총액을 준수비용으로 분석할 뿐만 아니라 그로 인한 전산업 분야의 사회적 비용을 고려하여야 한다.

하지만 특정 분야의 제품 가격 상승으로 인한 해당 분야 제품의 균형 수급량 변화를 추정하려면, 해당 분야의 수요 가격탄력성을 이용하여야 한다. 그런데 산업분야 제품의 수요 탄력성을 쉽게 파악하기 어렵기 때문에, 현실적으로 시나리오 분석 방식으로 접근할 수밖에 없다. 즉, 만약 제품의 성격을 고려하여 가격 탄력성의 범위를 특정 범위로 한정하는 것이 가능하다면, 그 탄력성 범위의 평균을 이용하는 방식을 고려할 수 있다.

이와 같은 해당 산업분야의 수요 가격탄력성 정보를 얻기 어려운 경우는 해당 산업분야 또는 관련 제품 전문가로부터 얻은 정보를 기반으로 시나리오를 구축해서 분석을 진행하여야 한다.

이때 특정 분야의 제품 가격 상승이 다른 산업분야로 어느 정도 파급될 수 있을지에 대한 판단도 중요하다. 산업연관분석에서는 기본적으로는 원가의 상승에 의한 제품 가격의 상승은 그 제품을 중간재로 사용하는 모든 분야로 연쇄적으로 해당 제품의 가격 상승분이 파급되는 속성을 가지고 있다. 이와 같은 암묵적 가정이 원유와 같이 모든 분야에 사용되는 제품에는 적절하지만, 특정 화학물질의 경우는 그렇지 않은 상황이다. 따라서 어느 정도의 산업분야로 파급할 지에 대해서도 해당 산업분야 또는 제품의 전문가를 통해 그 범위를 한정할 필요가 있다.

다) 규제의 비용 산정방식 종합

산업안전보건법의 화학물질 규제로 인한 사회적 비용 산정은 기본적으로 산업계의 준수비용을 중심으로 시작하여야 한다. 준수비용에 속하는 비용 항목들의 변화가 발생하였지 여부 및 변화가 발생하였다면 어느 정도 수준으로 발생하였는지에 대한 정보를 파악하여야 한다. 또한 이 비용 항목이 일시적으로 특정 시기에 발생하는 것인지 아니면, 어떤 시기 이후 매년 발생하는 것인지 등에 대한 정보도 비용 산정에 중요하다.

특히, 자본비용의 경우는 특정 시기에 해당 비용이 발생하는 형태로 처리할 수도 있고, 그 비용을 투자된 기계 장비 등의 사용 연한 등을 고려하여, 연간화된 비용(annualized cost)으로 고려할 수도 있다. 특히 자본 비용이 특정 기계 장비 등에 투자된 경우 사회경제성 분석 기한의 마지막 연도에 이르러서도 잔존가치가 있는지 여부도 분석에 고려하여야 한다. 특정 기계 장비 등은 분석 기간 동안 일정한 시기마다 수선비 등이 발생하는지 여부도 고려해서 분석에 반영하여야 한다.

정부 규제비용도 발생한다고 판단되는 경우에는 이 비용도 함께 분석하여야 한다. 예를 들어 화학물질 규제로 인하여 정부의 새로운 인력 충원이 된다거나 분석을 위한 시설 또는 장비 투자가 필요하거나 추가적인 운영비가 발생한다면, 이는 정부 규제비용으로 산정되어야 한다.

또 중요한 사회적 비용으로 특정 산업분야(또는 기업)의 화학물질 규제로 인하여 원가 상승에 따라서 제품 가격을 상승하는 경우, 해당 시장에서 균형 수급량이 감소하는 경우에는 자중손실(deadweight loss)이라는 사회적 후생 감소가 발생한다. 따라서 화학물질 규제로 인한 제품 가격의 상승에 의해 시장의 균형 수급량이 감소하는 경우에는 자중손실이라는 사회후생분을 함께 추정할 수 있도록 해야 한다. 이 자중손실은 해당 산업분야 제품의 수요 및 공급 가격탄력성 등의 정보를 근거로 산정할 수 있다. 하지만 해당 제품의 수요 및 공급 가격탄력성에 대한 정보를 추정하기 어렵다고 판단될 때에는 해당 제품 시장 상황을 파악할 수 있는 전문가로부터 관련 정보를 반영하여 시나리

오 수준에서 분석할 수 있다고 판단된다.

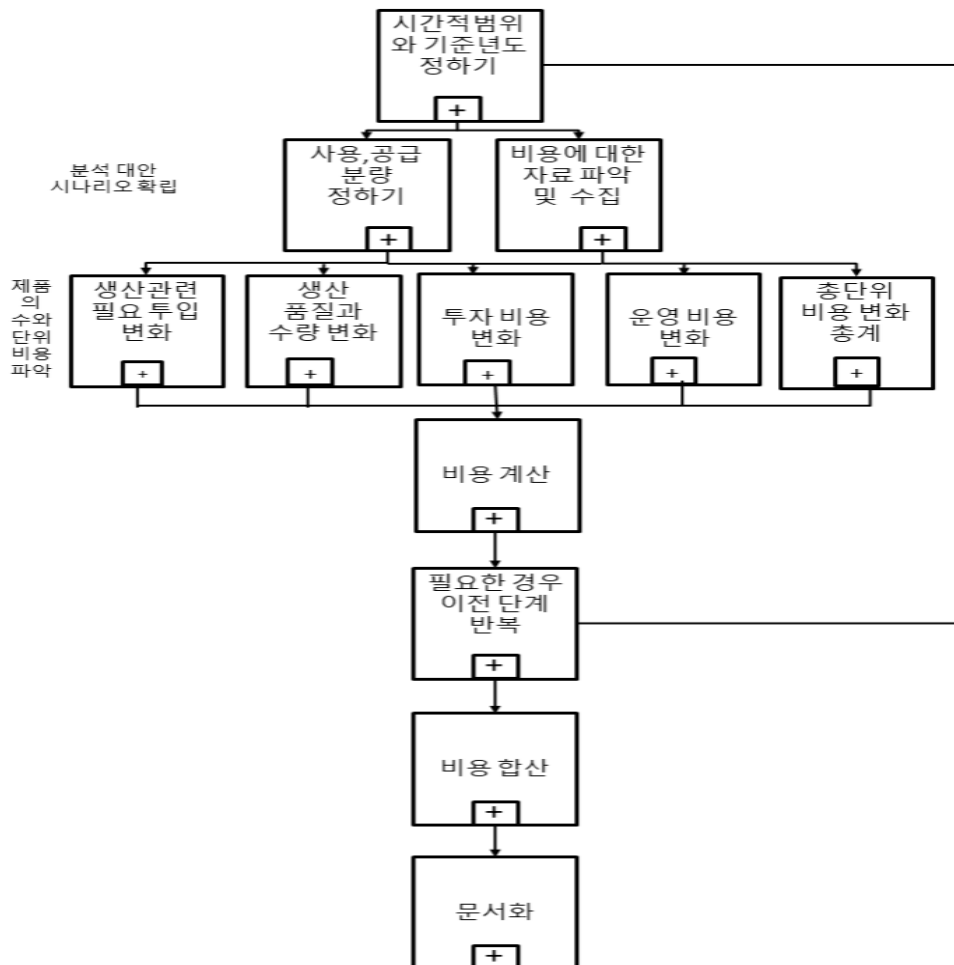
다른 산업 분야로 가격 상승 효과가 파급되는 경우라면, 산업연관분석을 이용하여 산업 부문별 가격상승 효과를 계량화한 뒤 해당 산업 분야의 자중손실을 사회적 비용으로 산정하여야 한다. 이때 기계적으로 산업연관분석을 적용하기보다는 관련 분야 전문가로부터 어느 정도 산업 분야에 가격 파급효과가 나타날지를 판단할 필요가 있다. 이러한 정보를 근거로 하여 사회적 비용이 발생하는 산업 분야를 한정하여 분석을 진행할 필요가 있다.

한편 화학물질의 규제에 의한 상품의 질, 생산성, 기술혁신, 시장 상황 등의 변화로 인한 부정적 영향 등과 같은 간접비용이 발생할 수도 있다. 이와 같은 간접비용의 발생이 명백한 경우에는 그 영향을 정량화할 수 있는지 검토할 필요가 있다. 만약 간접비용을 정량화하기 어렵다고 판단된다면 정성적으로 해당 사항을 기술하여, 화학물질 규제와 관련된 의사결정 단계에서 고려하도록 정리하여야 한다.

(3) 비용 산정 절차 및 예시

가) 화학물질 관리에 의한 비용 산정 절차

화학물질의 관리에 의한 사업체의 준수비용은 투자비용 및 운영비용의 변화를 중심으로 파악하지만, 생산관련 필요 투입 변화 및 생산품질과 수량 변화 등도 함께 검토하여 비용을 합산할 필요가 있다. 해당 비용을 고려하는 절차는 [그림 III-10]을 참조할 수 있다.



[그림 III-10] 준수비용 산정의 절차

화학물질의 관리에 의한 비용이 특정 사업체에 한정되지 않고 다른 부문으로 이전되거나 추가 비용 발생이 예상되면, 해당 여건을 고려하여 관련된 전체 공급망의 비용을 산정하여야 한다. 화학물질의 관리 수준 변화에 따른 공급망 전체의 비용 산정을 다음 표에 나타난 사례를 통해 살펴볼 수 있다.

〈표 III-54〉 전체 공급망의 비용 산정 절차 예시

공급망 단계	추가적 비용	이전 비용	누적된 비용	공급망의 비용
제조업체	0	0	0	0
하위사용자 1	추가 연간 비용 1억 5천만 원	이전된 비용 없음	1억 5천만 원	1억 5천만 원
하위사용자 2	추가 연간 비용 4억 5천만 원	이전된 비용 없음	6억 원	4억 5천만 원
품목 제조업체 1	추가 연간 비용 25억 원	모두 이전됨	31억 원	0
품목 제조업체 2	-	모두 이전됨	31억 원	0
소비자	0	-	31억 원	25억 원
총공급망의 비용	31억 원	-	31억 원	31억 원

화학물질의 관리 수준 변화로 인해 제조업체에서는 추가적인 비용이 발생하지 않았다면, 공급망에서 제조업체에서의 비용은 발생하지 않았다고 평가한다. 한편 화학물질의 하위사용자 1에게 연간 비용 1.5억원 및 하위사용자 2에게 연간 비용 4.5억원이 발생하면, 이 비용이 다른 업체에게 이전되지 않았다면 해당 공급망의 비용으로 파악된다. 즉, 하위사용자 1에게 1.5억원 및 하위사용자 2에게 4.5억원의 비용이 발생하였기에 누적 비용은 6억원이다.

이후 품목 제조업체 1에게 연간 비용이 25억원 추가 되는 상황인데, 이 추가적 비용을 모두를 품목 제조업체 2에게 모두 이전한다. 또한 품목 제조업체 2도 이전 받은 비용 전체를 모두 소비자에게 이전한다. 이렇게 되면 품목 제

조업체 1 및 2에서 발생한 비용은 없다고 판단해야 한다. 이때 이전된 모든 비용은 소비자에게 이전되었다고 판단한다.

이상의 사례와 같이 화학물질의 관리 수준 변화로 인하여 공급망 전체에서 어느 정도의 추가 비용이 발생하는지와 그 비용을 이전하는지 여부를 고려하여 각 주체별 비용을 산정할 수 있다.

아래 표와 같이 공급망의 비용을 추가적 비용, 이전 비용, 누적된 비용, 공급망의 비용으로 구분해서 정리하면, 총공급망의 비용에서는 추가적 비용, 누적된 비용, 공급망의 비용이 동일한 값이 된다.

추가적 비용은 공급망의 어떤 단계에서 추가적 비용 발생이 있었는지가 정리되고, 누적된 비용은 추가적 비용의 발생으로 인해 그 단계까지의 누적된 비용을 보여준다. 한편 공급망의 비용에서는 공급망의 각 경제주체에서 귀속된 비용을 보여준다. 예컨대, 표의 사례에서는 하위사용자 1에게 1.5억원, 하위사용자 2에게 4.5억원, 소비자에게 25억원의 비용이 발생했음을 알 수 있다.

이때 산업간 파급효과 분석을 더욱 정확히 분석하기 위해서는 부분균형모형 또는 다시장모형 등을 이용할 수 있으며, 일반적으로 많이 이용하는 산업연관분석을 주요 관련 부문에 한정적으로 이용하는 방안을 검토할 수 있다.

나) 화학물질 관리에 의한 비용 산정 예시¹³⁾

화학물질의 관리 수준 변화에 따른 비용 산정의 예시를 위해 감열지 제조에 BPA의 사용을 제한하는 사례를 예시로 사용하고자 한다.

먼저, BPA가 포함된 감열지를 주로 생산하는 기업에 대한 설문조사 결과에 따르면, 이 기업은 2018년에 BPA를 1,790톤 구매하여 사용했다. 이 기업이 생산하는 BPA가 포함된 감열지 중 10%는 국내에 공급되고, 나머지 90%는 해외로 수출되었다. 이 기업이 국내에 공급하는 BPA가 포함된 감열지는 국내 BPA포함 감열지 시장의 90%를 차지하고 있다.

감열지 제조 과정에서 BPA 사용이 제한될 경우, 해당 기업은 대체 물질로서 BPS를 사용할 계획이다. 이렇게 변경할 경우, 연간으로 약 83.42억 원의 추가 비용이 발생하게 된다.

〈표 III-55〉 감열지 제조 기업의 BPA 사용 현황(예시)

구분	연간사용량 (톤)	BPA구입 총비용 (백만 원)	원료비 증가액 (백만 원)
기업체	1,790	2,775	8,342

출처: 신영철 등(2019), 209쪽

이 경우, 해외로 수출하는 제품에는 해당 규제가 적용되지 않으므로, 국내 사용량에 대한 BPA포함 감열지 생산량만 비용 산정에 포함해야 한다. 이때 BPA포함 감열지를 BPS로 대체함으로써 발생하는 연간 추가 비용은 9.27억 원이다.

이 분석에서는 대체물질 BPS는 해외에서 구입된다는 상황을 고려하여 BPA를 공급하던 국내 기업의 부가가치 상실액을 사회적 비용에 포함한다. 이 산업 부문이 ‘기타 기초유기화학물’부문의 부가가치율을 산업연관표의 정보를 이용하여 산정하면, 22.9%이다. 따라서 9.27억원의 BPA를 판매하지 못하여 발생하는 부가가치 상실액은 7,100만 원이다. 이 부가가치 상실액은 BPS가 BPA와 가격이 같아지는 기간 동안 사회적 비용으로 반영한다.

13) 신영철 등(2019) 209~211쪽의 예시 사례를 일부 수정하여 재작성하였다.

〈표 III-56〉 국내 BPA 판매업체 손실액(예시)

구분	BPA 판매액 (백만원)	국내시장 감열지의 BPA 판매액 비중	BPA 판매금액 (백만원)	부가가치 율(%)	BPA 판매 국내업체의 비용 (백만원)
BPA 판매업체	2,781	0.1111	309	22.9	71

출처: 신영철 등(2019), 210쪽

이때 규제 이후 BPS의 가격이 BPA의 가격과 동일해 진다는 전제를 받아들여서 분석한다. 즉, BPS는 격차는 매년 20%씩 감소하여 5년 동안 그 격차가 없어지는 것으로 상정한다.

그 결과 화학물질 관리 수준 규제에 따라 1차년도에는 국내 감열지 제조업체의 비용이 9.27억원, BPA 판매업체의 비용 0.71억원이 발생하여 공급망의 연간비용은 9.98억원이 발생한다. 그 이후 BPS의 가격이 20%씩 하락하기 때문에 국내 감열지 제조업체가 부담하는 비용은 계속 그 비율만큼 감소하게 된다. 6년차가 되면 BPA와 BPS의 가격이 동일해지기 때문에, 국내 감열지 제조업체가 부담하는 비용은 없다. 한편 BPA 판매업체는 BPA를 판매하지 못하기 때문에 계속해서 동일한 부가가치 손실이 발생한다. 따라서 화학물질 관리 수준 규제에 따라 5년 동안 31.35억 원의 사회적 비용이 발생한다.

〈표 III-57〉 국내 감열지 생산에 BPA 사용 제한의 비용 산정(예시)

연도	국내 감열지 제조업체의 비용 (백만원)	BPA 판매업체의 비용 (백만원)	비용 합계 (백만원)
1차년	927	71	998
2차년	742	71	812
3차년	556	71	627
4차년	371	71	442
5차년	185	71	256
6차년	0	0	0
합계	2,781	354	3,135

출처: 신영철 등(2019), 211쪽

3) 사회경제성 분석의 종합방법 및 예시

(1) 사회경제성 분석의 종합방법 1: 비용편익분석

가) 비용편익분석의 개요

사회경제성 분석에서 비용 및 편익을 비교하는 방법은 다음에 제시되고 있는 비용편익분석 기법을 주로 이용한다. 기본적으로 이용되는 비용편익분석 기법은 편익/비용 비율(B/C), 내부수익율(IRR), 순현재가치(NPV) 등이 있는데, 일반적으로 편익/비용비율(B/C) 또는 순현재가치(NPV) 분석기법을 많이 사용한다.

편익/비용 비율(B/C)이란 운영 후 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용(투자비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준년도 가격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로 (편익/비용 비율) ≥ 1 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{편익·비용비율}(B/C) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t에서의 편익
 C_t : 시점 t에서의 비용
 r : 할인율(이자율)
 n : 내구연도(분석연도)

내부수익율(Internal Rate of Return: IRR)은 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율을 구하는 방법으로, 일반적으로 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{내부수익률}(IRR) : \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t 에서의 편익
 C_t : 시점 t 에서의 비용
 IRR : 내부수익률
 n : 내구연도(분석연도)

순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 총비용을 제한 값이며, (순현재가치) ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{순현재가치}(NPV) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t 에서의 편익
 C_t : 시점 t 에서의 비용
 r : 할인율(이자율)
 n : 내구연도(분석연도)

편익/비용비율, 순현재가치, 내부수익률은 그 분석기법마다의 장단점을 가지고 있다. 단일한 방법론만을 이용하여 사업의 경제성을 판단하는 것은 때때로 적절하지 않을 수 있다. 각 평가지표의 장단점 등을 개략적으로 살펴보면 다음 <표 III-58>과 같다.

〈표 III-58〉 비용편익분석 기법의 비교

분석기법	장 점	단 점
편익/비용 비율 (B/C)	• 이해용이 • 사업규모 고려 가능 • 비용편익 발생기간의 고려	• 편익과 비용의 명확한 구분 곤란 • 사회적 할인율의 파악
내부 수익률 (IRR)	• 사업의 수익성 측정 가능 • 타 대안과 비교가 용이 • 평가과정과 결과 이해 용이	• 사업의 절대적 규모 고려치 않음 • 몇 개의 내부수익률이 동시에 도출될 가능성 내제
순현재 가치 (NPV)	• 대안 선택 시 명확한 기준 제시 • 장래 발생 편익의 현재가치 제시 • 한계 순현재가치 고려 • 타 분석에 이용가능	• 할인율의 분명한 파악 • 이해의 어려움 • 대안 우선순위 결정시 오류발생 가능

출처: 한국개발연구원 공공투자관리센터(2008), 56쪽

나) 비용편익분석의 사례 예시

비용편익분석에서는 앞서 분석된 편익 및 비용을 분석 기간에 대해 정리하여 편익/비용비율, 순현재가치, 내부수익률로 계산하게 된다. 여기서는 이 보고서의 부록에 예시로 소개하고 있는 A 화학물질의 사례에서의 비용편익분석에 해당하는 부분을 이용한다.

우선, 비용편익분석 개요에서는 비용편익분석에서 활용하는 비용편익분석 기법을 소개하고, 분석의 전제를 정리한다. 분석의 전제에는 일반적으로 분석 기준 시점 및 사회적 할인율에 관한 정보를 제시한다.

A 화학물질의 관리수준 변경에 따른 연도별 편익 및 비용이 다음 표와 같다면, 비용편익분석 개요에서 분석의 전제에서 제시한 기준 시점(년도) 및 할인율을 적용하여 현재가치로 산정하여 함께 제시한다.

〈표 III-59〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연도별 편익 및 비용(백만원)

연도	편익	편익 현재가치	비용	비용 현재가치	순편익 현재가치
2023			1,248	1,194	-1,194
2024			1,248	1,143	-1,143
2025			1,248	1,093	-1,093
2026	1,905	1,597	1,248	1,046	551
2027	1,905	1,529	1,248	1,001	527
2028	1,905	1,463	1,248	958	505
2029	1,905	1,400	1,248	917	483
2030	1,905	1,339	1,248	877	462
2031	1,905	1,282	1,248	840	442
2032	1,905	1,227	1,248	803	423
2033	1,905	1,174	1,248	769	405
2034	1,905	1,123	1,248	736	387
2035	1,905	1,075	1,248	704	371
2036	1,905	1,029	1,248	674	355
2037	1,905	984	1,248	645	340
2038	1,905	942	1,248	617	325
2039	1,905	901	1,248	590	311
2040	1,905	863	1,248	565	298
2041	1,905	825	1,248	541	285
2042	1,905	790	1,248	517	272
2043	1,905	756	1,248	495	261
2044	1,905	723	1,248	474	250
2045	1,905	692	1,248	453	239
2046	1,905	662	1,248	434	228
2047	1,905	634	1,248	415	219
2048	1,905	607	1,248	397	209
2049	1,905	580	1,248	380	200
2050	1,905	555	1,248	364	192
2051	1,905	531	1,248	348	183
2052	1,905	509	1,248	333	175
2053	1,905	487	1,248	319	168
2054	1,905	466	1,248	305	161
2055	1,905	446	1,248	292	154
합계	57,147	27,190	41,176	21,241	5,950

A 화학물질의 관리수준 변경은 2022년말 기준으로 근로자의 건강 편익으로 402.45억원의 편익 및 212.41억원의 비용이 발생한다.

그 결과 편익/비용 비율(B/C)는 1.89이고, 순현재가치는 190.04억원, 내부수익률은 31.22%이다. 따라서 A 화학물질의 관리수준 변경은 비용편익분석 결과에 따르면, 타당하다고 평가한다.

〈표 Ⅲ-60〉 비용편익분석 결과

편익(백만원)		비용(백만원)		B/C	NPV	IRR(%)
할인전	할인후	할인전	할인후			
84,584	40,245	41,176	21,241	1.89	19,004	31.22%

(2) 사회경제성 분석의 종합방법 2: 비용효과분석

가) 비용효과분석의 개요

비용효과분석(CEA)은 어떤 특정한 목표들을 달성하는데 여러 가지 대안들의 비용들과 그들의 효과들을 비교하는 것으로, 비용에 대한 편익의 효과를 사회경제적 효율성이라는 관점에서 분석한다.

비용효과분석은 특정 규제에 편익을 기술적, 실무적으로 화폐 환산이 어려운 경우에도 양적 또는 질적 분석을 수행할 수 있기에, 기술적으로 쉽고 적용 가능한 분야가 더욱 넓다. 다수의 정책 대안의 비용효과분석 결과를 어렵지 않게 비교할 수 있으며, 전제조건의 변화가 분석 결과에 미치는 영향을 파악할 수 있는 장점이 있다.

특정 정책의 비용 효과는 다음과 같은 비용효과비(cost effectiveness ratio, C/E ration)로 나타낼 수 있다.

$$\frac{C}{E} = \frac{\text{특정 사업의 순금전적 비용}}{\text{특정 사업의 순효과}}$$

비용효과분석(CEA)은 미리 설정된 목표를 성취하는데, 가장 비용이 적게 드는 수단을 판정하기 위해 널리 이용된다. 비용효과분석(CEA)은 특정한 결과를 생산하는데 가장 비용이 적게 드는 방법을 찾는 것과 관련된다.

비용효과분석(CEA)은 특정한 목표를 성취하는 측정방법들을 파악하기 위해 사용된다. 비용편익분석(CBA)과 비교하여 비용효과분석(CEA)의 장점은 편익을 화폐화할 필요가 없다는 것이지만, 특정한 수준의 감소를 정하지 않거나 정할 수 없는 경우에는 비용편익분석(CBA)보다 불리하다.

사회경제성분석을 수행할 때 다양한 대안 시나리오의 영향들을 판단할 필요가 있다. 이를 위해 기준선 시나리오와 대안 시나리오를 비교해야 하는데, 시나리오들의 비교에서 비용효과분석(CEA)은 유용하게 이용할 수 있다. 그러나 비용효과분석(CEA)의 이용에서 예상되는 어려움은 다음과 같다.

- 제안된 조치가 계속 효과를 내지 못하는 경우, 해당 조치를 다른 조치들과 대등하게 비교하는 것은 어려워지게 된다.
- 다양한 조치들로 위험 감소의 수준들이 변화하면, 목표의 엄격한 준수와 경제적으로 효과적인 해결책 사이에 갈등이 있을 수 있다.
- 제안된 조치가 두 개 이상의 목표들을 가지고 있으면, 어떤 목표를 기준으로 평가하는지에 따라 비용효과분석의 결과에 차이가 있을 수 있다.

비용효과분석에는 목표를 성취하는 편익이 비용을 초과한다는 가정을 암묵적으로 전제하고 있다. 그 가정은 규제분석을 위한 비용효과분석(CEA)의 중요한 한계들 가운데 한 가지이다. 즉, 규제의 편익이 비용을 초과하는지 여부를 명확하게 다루지 않는다.

건강관리 분야에서는 비교되는 다양한 조사들의 결과를 고려하는 일반적 접근법이나 표준화된 접근법을 채택하지 않는 비용효과분석은 문제가 있다. 따라서 비용효과분석에서도 사회적 관점에서 충분한 자원비용을 반영하도록 분석을 수행하여야 한다.

나) 비용효과분석의 사례 예시

비용효과분석을 위한 사례는 이 보고서의 부록에 있는 A 화학물질 사례를 이용한다. A 화학물질의 관리수준 변경으로 인하여 산업계의 준수비용은 연간 12.48억원이 발생한다. 한편 A 화학물질의 발암 위험성이 감소하여 연간 조기 사망자 수가 1.80명 감소할 것으로 예측된다. 이상의 정보를 활용하여 비용효과비($\frac{C}{E}$)를 구하면 6.92억원/명이다. 즉, 근로자 1명의 조기 사망을 줄이는 효과(E)를 위한 비용이 6.92억원(C)이 소요된다고 해석할 수 있다.

$$\frac{C}{E} = \frac{12.48\text{억원}}{1.80\text{명}} = 6.92\text{억원/명}$$

(3) 사회경제성 분석의 종합방법 3: 다기준분석

가) 다기준분석의 개요

다기준분석은 대체 방안들이 여러 종류의 영향들을 가지고 있을 경우, 전체적인 선호를 반영하여 결정하기 위해 사용되는 접근법이다.

다기준분석에서는 원하는 목표들이 명시되고 그에 상응하는 속성이나 지표가 식별된다. 지표들에 대한 실제 측정은 다양한 양적·질적 영향 범주들 및 기준들에 대한 정량적 분석(득점 부여, 순위 부여, 가중치 부여 등)에 기초한다. 이러한 측정은 화폐적 관점에서 수행할 필요는 없다. 다양한 환경적 지표들과 사회적 지표들은 경제적 비용 및 편익과 함께 나란히 제시될 수 있으며, 다양한 지표들이 사용될지라도 다기준분석은 다양한 결과들을 비교하고 순위를 부여한다. 다양한 경제적 목적과 비경제적 목적은 정책 결정에 영향을 미칠 수 있다.

다기준분석의 중요 특징은 다양한 목적들이 충족되는 정도를 측정하는 수단의 확보와 목적에 적합한 상대적 가중치 부여이다. 이런 점에서 다기준분석은 제안된 방안에 대한 순 가치(또는 사회적 가치)의 객관적인 평가에 목표를 두는 경제적 분석(즉, 비용편익분석)과는 다른 방법이라고 볼 수 있다.

다기준분석은 중요한 환경적 영향과 사회적 영향이 화폐적 가치로 환산될 수 없는 경우에 적용할 수 있는 결정 분석 도구이다. 대부분의 사회경제성분석은 질적, 양적, 화폐적 관점에서 측정되는 영향들의 조합으로 구성되어 있기에, 다기준분석이 사회경제성분석에 적용 가능하다는 것을 의미한다.

비용 편익 분석에서와 마찬가지로 다기준분석에서도 다양한 영향들을 평가하기 쉽지 않다. 다기준분석의 문제로는 각 영향의 점수를 부여하고, 각 기준의 가중치를 선택하는 것과 관련된다. 다기준분석을 이용할 때는 점수부여 및 가중치 부여가 투명하도록 사용된 모든 가정을 기술하여야 한다.

이제 다음으로 다기준분석의 사용 방법을 설명하고, 그 이후에는 다기준분석법 중 많이 이용되고 있는 계층화분석법(Aalytic Hierarchy Process, AHP)을 설명한다.

나) 다기준분석의 사용 방법

다기준분석은 일반적으로 다음과 같은 다섯 단계로 수행할 수 있다.

(가) 1단계: 영향 평가의 기준 파악

기준 및 하위 기준은 영향을 평가하기 위한 성과 측정 수단이다. 다기준분석에서 부가된 가치 대부분은 영향의 기준에서 도출된다.

영국 교통부를 위해 개발된 다기준분석 매뉴얼은 이해 집단의 관점이 중요하다고 주장한다. 이해 집단을 포함할 수 있는 첫 번째 방법은 다기준분석의 단계들에 영향을 받는 당사자들을 직접 참여시키는 것이다. 두 번째 방법은 정책 진술과 다양한 이해 집단으로부터의 정보를 검토하고, 관심 사안을 반영하기 위한 기준을 도출에 이용하는 것이다. 세 번째 방법은 기준을 도출할 때 이해집단의 관점이 무시되지 않게 하려면 구성원들이 핵심 이해집단의 역할 행동을 해보도록 하는 것이다.

(나) 2단계: 기준을 집단으로 분류

기준들을 중요한 유형의 영향(즉, 사회경제성 분석에서의 건강 영향 및 건강 편익, 준수비용 및 사회적 비용, 해외의 관리 수준 현황, 기타 사회경제적 영향 등)으로 분류하면 도움이 된다. 결정 구조가 비교적 다수의 기준(예컨대 8개 이상)이면서 각 기준에 따라 가중치가 부여될 경우, 기준을 집단으로 분류하는 것은 매우 유용하다.

(다) 3단계: 기준 평가

최종적으로 기준을 선택하기 전에 다음과 같은 특성들을 평가할 필요가 있다.

- 완전성: 모든 중요한 기준들이 포함되었지 여부
- 중복성 및 중복계산: 불필요한 기준은 제거하고 유사한 기준 사용을 삼가함

- 조작 가능성: 각 방안은 각 기준을 판정될 수 있어야 함. 건강위해성이나 건강비용의 평가는 객관적이지만, 전문가의 주관적 평가와 같이 판단에 의한 평가도 있음
- 선호의 상호 독립: 다른 영향들에 매겨진 점수를 알지 못하는 상태에서 특정 영향에 대해 점수를 부과하는 것이 가능해야 함
- 크기: 과도하게 많은 기준은 분석을 어렵게 만들 수 있으나, 지나치게 빈약한 기준은 주요 영향들을 과소평가하도록 만드는 결과를 낳을 수 있음

(라) 4단계: 채점 체계 만들기

건강 영향 및 편익, 준수비용 및 사회적 비용, 해외 관리수준 현황, 기타 사회경제적 영향들이 기준에 의하여 평가할 수 있는 채점 체계를 만든다. 일반적으로 채점은 0 ~ 1 사이의 값으로 정규화한다. 여기에서 채점 체계는 투명하며 모든 시나리오에 일관되게 적용되어야 한다. 투명하고 공정하고 정당성 있는 기준을 도입하면, 사회경제성분석 결과의 배후에 있는 근거가 사회경제성분석 위원회에서 쉽게 해석된다. 또한, 이 경우 사회경제적 편익이 비용을 초과하는지에 대한 결정을 내리기가 훨씬 쉽다.

(마) 5단계: 가중 기준과 시나리오 비교

각 영향에 대해 가중치를 적용할지는 선택 사항이다. 가중치를 부여하는 것은 종종 주관적인 관점과 관련되므로, 다중 기준 분석의 약점으로 언급되기도 한다. 가중치 부여 방식을 사용할 때는 그에 대한 정당화와 근거를 명확히 언급하여야 한다. 만약 각 비용 및 편익에 점수가 부여된다면, 비용의 합계 점수는 편익의 합계 점수로부터 공제되어야 한다. 그 결과 양(+)의 점수가 산출된다면 사회경제적 편익이 사회경제적 비용을 초과한다는 해석할 수 있다.

다) 계층화분석법(AHP)을 이용한 평가

(가) 계층화분석법(AHP) 개요

계층화분석법은 여러 목표나 평가 기준이 있고, 각각의 평가 기준에 대해 다른 선호도를 가진 대안들을 체계적으로 평가할 수 있도록 도와주는 의사결정 기법 중 하나이다. 이 방법은 1970년대 초 Thomas Saaty에 의해 개발되었으며, 평가 요소들을 동질적인 집합으로 묶어 군집화하고, 다양한 수준으로 계층화한 후 각 수준별로 분석하고 종합함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 과정을 지원한다.

계층화분석법의 주요 특성은 문제를 구성하는 다양한 평가 요소들을 주요 요소와 세부 요소들로 분리하여 계층화하고, 계층별 요소들에 대한 쌍대비교를 통해 요소들의 상대적 중요도를 파악하는 것이다. 이 방법은 사람의 사고 방식과 유사하게 문제를 분해하고 구조화하는 점, 그리고 평가 요소 간의 상대적 중요도와 대안들의 선호도를 비율 척도로 측정하여 결과를 정량적으로 도출하는 점에서 그 가치를 인정받고 있다.

간결한 실행 절차에도 불구하고, 척도 선택, 가중치 산정 절차, 민감도 분석 등에 사용되는 다양한 기법들은 실증 분석과 엄밀한 수학적 검증 과정을 거친 방법들을 사용한다는 점에서 이론적으로 높은 평가를 받고 있다. 이런 장점 때문에, 1977년 Saaty가 수행한 교통 시스템 설계 문제부터 시작해, 신기술 선택 문제, 병원 서비스 시스템 설계, 정치적 분쟁 해결 문제 등 다양한 분야에서 활용되어 왔다.

Saaty(1980)가 개발한 계층화분석법은 의사결정의 계층 구조를 이루는 요소들 간의 쌍대비교를 통해 계량화하기 어려운 문제나 애매한 상황에서 의사결정을 하는데 활용되는 효과적인 방법 중 하나이다.

AHP분석은 목표들 간의 중요도를 계층적으로 분리하여 파악하고, 이를 통해 각 대안들의 중요도를 산출하는 방법이다. 이 방법의 특징은 정량적인 자료 뿐만 아니라 정성적인 자료도 함께 고려할 수 있다는 점이다. 또한, 이론적으로 증명된 수학적 방법을 사용하며, 실제로 적용하기 간편하고, 활용 가

능한 대상이 다양하다. 이 때문에 의사결정이 필요한 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다.

(나) AHP의 절차

Saaty(1980)가 체계화한 AHP 모형 적용은 5단계로 나눌 수 있다.

① 1단계(의사결정 문제의 계층화: Hierarchy of Decision Problem):

1단계는 주어진 의사결정 문제를 상호 연관된 의사결정 속성별로 계층화하여 분해하는 과정으로, AHP 모델 설계에서 가장 중요한 단계이다. 이 과정에서 한 계층 내의 속성 수는 9개를 초과하지 않는 것이 바람직하다.

여기서 평가 기준을 설정할 때, AHP에서는 항목 간 독립성이 유지되고, 상위 항목에 대한 하위 요인의 종속성이 보장되며, 처리 가능한 항목 수를 유지해야 한다는 '상호 배타성', '완전 결합성', '처리성'이라는 평가 기준 선택의 기본 원칙을 따라야 한다.

② 2단계(평가 기준의 비교: Pairwise Comparison of Decision Element):

2단계는 각 계층에서 한 속성의 관점으로 바라본 직계 하위 계층의 요소들에 대한 상대적 중요도를 평가하는 단계이다. 이때 각 요소 간의 쌍대 비교를 수행하고 그 결과를 행렬로 표현한다. 계층화 분석법에서 수량화를 위한 척도로는 주로 9점 척도가 사용된다.

쌍대 비교는 쌍대비교표를 사용하여 수행하며, 이 예시에서는 화학물질의 비용-편익 분석 결과, 해외 관리 수준 현황, 그리고 기타 사회경제적 영향이라는 세 가지 요소의 평가 기준을 가정하여 평가한다. 두 요소의 쌍대 비교 척도는 다음과 같다.

〈표 III-61〉 각 항목간의 쌍대 비교를 위한 행렬의 예

쌍대 비교	비용편익분석 결과	해외 관리수준 현황	기타 사회경제적 영향
비용편익분석 결과	1	3	5
해외 관리수준 현황	1/3	1	3
기타 사회경제적 영향	1/5	1/3	1

〈표 III-62〉 두 요소의 쌍대 비교 척도

정의	중요도
A와 B가 동등(equally important)	1
A가 B보다 약간 중요(weakly more important)	3
A가 B보다 상당히 중요(strongly more important)	5
A가 B보다 매우 중요(very strongly more important)	7
A가 B보다 절대적 중요(absolutely more important)	9

주) 2, 4, 6, 8은 왼쪽에 표현된 중요 정도의 중간 개념으로 사용

출처: 오상영·하대용(2006), 309쪽

위 예시에서는 총 3개의 요소가 있으므로, 총 6번의 쌍대비교를 수행하게 된다. 예를 들어, '비용-편익 분석 결과'와 '해외 관리 수준 현황'의 쌍대비교에서 응답자가 '비용-편익 분석 결과'를 '해외 관리 수준 현황'보다 '약간 중요하다'고 판단하면, 상대적 중요도는 3이 된다. 이 숫자는 '비용-편익 분석 결과' 행과 '해외 관리 수준 현황' 열이 교차하는 칸에 기입하게 된다. 반대로, 3의 역수인 1/3은 '해외 관리 수준 현황' 행과 '비용-편익 분석 결과' 열이 교차하는 칸에 기입하게 된다. 이와 같은 방법으로 나머지 쌍대비교 값을 구하고, 위의 비교 행렬을 완성하게 된다.

③ 3단계(가중치의 추정: Estimation of Relative Weights):

3단계는 쌍대 비교를 통해 얻은 행렬을 활용하여 각 계층에 있는 여러 속성에 대한 상대적 가중치를 추정하는 단계이다. 가중치를 추정하는 가장 일반적인 방법은 Saaty(1980)가 제안한 고유벡터를 사용하는 방법이다.

앞서 언급한 예시처럼, 쌍대비교를 통해 요소 간의 상대적 중요도를 구한 후, 이를 활용하여 가중치를 계산한다. 여러 개의 요소(위 예시에서는 n 개)로 이루어진 계층에서, 요소 i 가 요소 j 보다 얼마나 더 선호되는지 묻고 그 결과를 a_{ij} 로 하는 비교행렬 $A = (a_{ij})$, $i, j = 1, 2, \dots, n$ 을 얻을 수 있다.(위의 예에서 A 는 <표 III-61>과 같음)

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4-1)$$

이때 n 개의 요소들 각각의 가중치를 w_i ($i = 1, 2, \dots, n$)라 할 때, 비교행렬 A 의 원소 a_{ij} 는 요소 i 와 요소 j 두 요소 간의 가중치 비율을 의미하며 따라서 이는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다. $W = (w_1, \dots, w_n)$

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (4-2)$$

식 (4-2)를 이용하면 식 (4-1)의 쌍대비교행렬은 식 (4-3)과 같이 정리된다.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \cdots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (4-3)$$

다음으로 식 (4-3)의 행렬 A 에 중요도 벡터 $W^T = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ 을 곱하면 다음과 같은 식 (4-4)과 같은 관계가 성립하고, 식 (4-4)을 식 (4-5)로 변형하면 행렬 A 의 고유치(eigen value)와 고유벡터(eigen vector)를 구하는 식이 된다.

$$AW = nW \quad (4-4)$$

$$(A - nI)W = 0 \quad (4-5)$$

여기서 n 은 A 의 고유치이고, W 는 A 의 고유벡터이다. 식(4.5)에서 행렬 A 의 특성방정식(characteristic equation)의 해를 구함으로써 W 를 구할 수 있다. 특성근(eigen value) λ_i ($i = 1, 2, \dots, n$)는 가장 큰 근 하나만이 n 의 값을 가지며, 나머지 근들은 모두 0이다. 요소 $A_1, A_2, \dots, A_n$ 의 중요도는 특성방정식의 근 $\lambda_{\max}$ 에 대응하는 특성 벡터(eigen vector)로 구해진다. 마지막으로, n 개의 평가 항목의 중요도 합계가 1이 되도록 추정치의 수치를 환산하면, 각 평가 항목의 중요도를 얻을 수 있다.

한편, 쌍대비교행렬에서 응답자가 각 평가 항목의 상대적 중요성에 일관된 응답을 하지 못할 경우, 쌍대비교 행렬 A 의 정합성이 낮아 W 의 추정정도가 낮아진다. 이러한 문제를 인지한 Saaty는 일관성지수(CI: Consistency Index)와 일관성비율(CR: Consistency Ratio)을 사용하여 쌍대비교에 의한 가중치의 논리적 일관성을 검토한다. 즉, AHP 모형에서 전문가들의 지식에

대한 신뢰도 평가는 일관성 비율(CR : consistency ratio)을 이용한다. 여기서 CR 값이 0이면 전문가들의 지식에 대한 신뢰도가 최고로 높다는 것을 의미하고, CR 값이 0보다 크면 판단의 일관성이 떨어진다는 것을 의미한다. 일관성지수(CI)는 다음과 같은 식(4-6)으로 계산한다.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4-6)$$

계층분석법(AHP)에서 비교행렬은 $\lambda_{\max} \geq n$ 의 관계를 유지한다. 완벽한 일관성을 갖는 비교행렬의 경우, $\lambda_{\max} = n$ 이며, 일관성이 클수록 $\lambda_{\max}$ 값은 n 에 가까워지고, CI 값은 낮아진다. 이에 따라, 아래와 같은 CR을 사용하여 일관성의 정도를 측정할 수 있다.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \left(\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \right) \left(\frac{1}{RI} \right) \quad (4-7)$$

여기서 RI는 Random Index를 의미하며, 이는 1부터 9까지의 임의의 수를 사용해 구성한 비교 행렬의 CI들의 평균값을 표현한다. RI 값은 비교 행렬의 크기 n 에 따라 다르며, Saaty의 시뮬레이션 결과에 따라 아래 표와 같이 정해진다.

〈표 III-63〉 Consistency Index의 평균값

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

출처: 오상영·하대용(2006), 307쪽

주어진 행렬의 CI와 RI를 비교한 값인 CR은 값이 작을수록 판단의 일관성이 크다고 해석할 수 있다. Saaty는 CR 값이 0.1 이하일 경우, 판단의 일관성이 있다고 제안하였다. 따라서 CR 값이 0.1을 초과하면 응답자 대상으로 쌍대비교를 다시 진행하거나 설문지를 수정하는 것이 권장된다. 그러나 계층수가 많은 경우, CR 값이 0.2까지는 수용할 수 있다.(Saaty, 2001; 정경희 외, 2011, 104쪽)

④ 4단계(가중치의 종합: Aggregation of Relative Weights):

4단계는 최하위 계층에 위치한 여러 속성들에 대한 상대적 중요도 혹은 우선순위를 결정하기 위해 상대 가중치를 종합하는 과정이다. 종합 가중치를 통해 최상위 계층에 있는 의사결정 문제의 일반적 목표를 이루기 위해, 최하위 계층에 있는 여러 속성들이 얼마나 영향을 미치는지를 파악할 수 있다. 대안의 종합 가중치는 아래의 수식을 통해 산출한다.

$$W_i = \sum (w_j)(u_j^i) \quad (4-8)$$

W_i : i번째 대안의 가중치

w_j : 평가기준 j에 대한 상대적가중치

u_j^i : 평가기준 j에 대한 i번째 대안의 가중치

⑤ 평가자의 의견 종합과 종합 가중치의 도출:

평가자가 여러 명인 경우, 이들의 의견을 통합하여 하나의 종합 가중치를 산출한다. 이때, 다수의 의견을 통합하는 방법으로는 주로 평균을 사용하며, 아래의 방법들을 활용한다.

여러 평가자들이 요소 간의 상대적 중요도(쌍대비교 행렬의 원소)를 다르게 평가할 경우, 각각의 평가자가 판단한 상대적 중요도의 평균값을 구하고, 이 값을 상대적 중요도에 대한 집단 전체의 대표 값으로 활용한다. 이후, 앞서 언급한 AHP 절차를 통해 종합 가중치를 산출한다.

이때 활용되는 평균값으로는 산술평균, 조화평균, 기하평균 등이 있으며, 이 연구에서는 산술평균을 사용한다. 이러한 산술평균값을 이용해 집단 전체의 쌍대비교에 대한 비교 행렬을 다시 구성하고, 앞서 언급한 AHP 절차에 따라 여러 평가자들의 의견을 통합한 종합 가중치를 산출한다.

여러 의견을 종합한 종합 가중치를 산출하는 다른 방법으로는 먼저 AHP 절차에 따라 개별 평가자들의 평가 요소에 대한 가중치를 산출하고, 이를 산술평균 또는 기하평균을 사용하여 산출된 값을 제시하는 방법이 있다.

라) 계층화분석법 분석 사례 예시

계층화분석법은 한국개발연구원의 공공투자관리센터에서 예비타당성조사를 통해 사업의 시행 또는 미시행을 결정하기 위해 사용하고 있다. 정량적인 분석 결과인 비용편익분석 결과와 함께 다양한 정량적 또는 정성적 항목을 함께 고려하기 위하여 해당 평가항목의 가중치를 도한다.

이 평가항목의 가중치는 평가항목간 쌍대비교 질문에 대한 응답결과로 결정되며, 쌍대비교에는 Saaty가 제안한 기본형인 9점 척도를 채택하여 응답하도록 하고 있다. 아래 예시에서 보면, 6명의 평가자가 참여하여 비용편익분석 결과 이외에 6가지 평가항목에 가중치를 부여한 결과이다. 그 결과 비용편익분석의 가중치는 0.372로 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 그 외 평가항목들의 가중치를 모두 합치면, 그 합은 1이 된다.

〈표 VII-64〉 각 항목별 가중치 산정결과(예시)

구분	평가자1	평가자2	평가자3	평가자4	평가자5	평가자6	종합
비용편익분석	0.350	0.400	0.380	0.350	0.400	0.350	0.372
A 평가항목	0.300	0.300	0.330	0.250	0.300	0.300	0.297
B 평가항목	0.250	0.075	0.283	0.208	0.250	0.263	0.221
C 평가항목	0.050	0.225	0.047	0.042	0.050	0.038	0.075
D 평가항목	0.350	0.300	0.290	0.400	0.300	0.350	0.332
E 평가항목	0.280	0.240	0.232	0.320	0.240	0.280	0.265
F 평가항목	0.070	0.060	0.058	0.080	0.060	0.070	0.066

평가 대상에 대한 시행 및 미시행 평점을 살펴보면 다음 표와 같다. 여기서 화학물질 관리수준 변경에 대한 경우에는 ‘시행’은 대안 시나리오를 채택하는 경우이다. 당연히 ‘미시행’은 기준선 시나리오를 유지하는 상황이라고 해석하면 된다.

아래의 예시에서는 각 평가자의 평가를 종합한 결과 사업 시행 평점이 0.739로 나타나서 사업 미시행 평점인 0.265보다 큰 것으로 산정되었다. 특정 화학물질의 관리수준 변경을 하는 안(즉, 대안 시나리오)이 타당하다고 평가되었다.

〈표 VII-65〉 AHP 평가 결과(예시)

평가자	사업 시행	사업 미시행
평가자 1	0.735	0.265
평가자 2	0.626	0.374
평가자 3	0.762	0.238
평가자 4	0.772	0.228
평가자 5	0.768	0.232
평가자 6	0.771	0.229
총 합	0.739	0.261

AHP 기법의 마지막 단계는 피드백 과정을 거친 후, 도출된 종합 점수를 바탕으로 '사업 실행' 대안과 '사업 미실행' 대안 사이에서 최종 결정을 내리고, 이를 토대로 정책 담당자에게 제안할 정책을 도출하는 단계이다.

AHP 분석을 통해 최종적으로 얻는 결과물은 '사업 실행' 대안과 '사업 미실행' 대안 각각에 대한 평가 기준별 가중치와, 각 기준에 대한 대안들의 점수를 곱하여 계산한 대안별 종합 점수(가중 합계)이다.

기존 지침에서는 '사업 실행' 대안이 '사업 미실행' 대안보다 상대적으로 높은 종합 점수 (0.5를 초과하는 점수)를 얻을 경우, 사업의 타당성이 확인된다는 결론을 내렸다. 이러한 기계적인 결론 도출 방식을 보완하기 위해, 최종 결정을 내리는 데 있어서 신중한 접근을 위해 다음과 같은 회색 영역을 설정한다.

$$0.5 - 0.05 < \text{AHP 종합평점} < 0.5 + 0.05, \\ \text{즉, } 0.45 < \text{AHP 종합평점} < 0.55$$

회색 영역이란 평가진 구성의 변화에 따라 현재의 종합 점수 결과가 바뀔 수 있는 영역을 의미한다. 결국, 이런 영역에 해당될 때 평가진들은 AHP 분석을 통한 종합 결론을 내리는 데 있어 신중한 접근이 필요하다.

다음으로, 이 회색 영역을 평가자들의 의견 일치도에 따라 조정해야 한다. 평가자들의 의견이 일치하는 경우, 평가자 모집단의 평균이 표본 평균과 크게 다르지 않을 것이라고 예상할 수 있다. 그러나 평가자들의 의견이 분분한 경우, 평가자 모집단의 평균이 종합 점수와 다를 가능성을 완전히 배제할 수 없다. 따라서 평가자들의 의견 일치도가 낮을수록 회색 영역을 넓게 설정해야 하며, 이를 종합하여 회색 영역의 적용은 다음과 같은 원칙을 따를 것이다.

첫 번째로, 6명의 평가자 의견이 일치하는 경우, AHP 점수가 0.5를 초과하는지에 따라 평가자들의 의견을 종합하여 종합적인 의견을 도출한다.

두 번째로, 5:1 또는 4:2로 의견이 분분한 경우, 84%의 신뢰구간을 적용하

여 표본 평균이 0.55를 초과하면 사업의 타당성이 있다고 해석하고, AHP 점수가 0.45 이하면 사업의 타당성이 없다고 해석한다. AHP 점수가 0.45 이상 0.55 미만일 경우, 회색 영역에 위치한다고 해석한다.

세 번째로, 3:3으로 의견이 나뉘는 경우, 95%의 신뢰구간을 적용하여 AHP 점수가 0.58 이상이면 사업의 타당성이 있다고 해석하고, AHP 점수가 0.42 이하면 사업의 타당성이 없다고 해석한다. 그 사이에 위치할 경우, 회색 지대에 있다고 판단하고 결론에 신중을 기해야 한다.

그러나, 사업 실행 대안과 사업 미실행 대안의 평가자 수가 5:1 또는 4:2로 나뉘어 있음에도 불구하고 사업 실행 대안의 AHP 점수가 0.45 이하이거나, 그 비율이 2:4 또는 1:5임에도 불구하고 사업 실행 대안의 AHP 점수가 0.55 이상인 경우는 1~2명의 평가자의 의견이 다른 4~5명의 평가자의 의견을 압도하는 상황으로, 충분한 논의를 거친 공감대가 형성된 의사결정으로 보기 어렵다.

이 경우에는 평가자들이 집단 역학 관리를 통해 의사결정의 공감대를 형성하기 위한 피드백 과정을 거쳐야 하며, 피드백 과정을 거친 후에도 이러한 현상이 계속되면 결론에 신중을 기해야 한다.

〈표 VII-66〉 평가자별 의견일치도와 AHP 평점에 따른 결론

종합평점 시행:미시행	AHP < 0.45	0.45 ≤ AHP < 0.5	0.5 ≤ AHP < 0.55	0.55 ≤ AHP
6 : 0	-	-	타당성 있음	타당성 있음
5 : 1	Feedback	아주신중	약간신중	타당성 있음
4 : 2	Feedback	아주신중	약간신중	타당성 있음
3 : 3	AHP ≥ 0.42 약간신중	신중	신중	AHP ≥ 0.58 타당성 있음
	AHP < 0.42 타당성없음			AHP < 0.58 약간신중
2 : 4	타당성 없음	약간신중	아주신중	Feedback
1 : 5	타당성 없음	약간신중	아주신중	Feedback
0 : 6	타당성 없음	타당성 없음	-	-

출처: 한국개발연구원 공공투자관리센터(2008), 〈표 V-5〉 171쪽

주: 1) '시행:미시행'은 사업시행 평가자 수와 사업미시행 평가자 수의 비율(6인 기준)을 나타냄.

2) AHP는 사업시행 대안의 AHP 종합점수를 나타냄.

3) '-'는 해당 사항 없음을 나타냄.

결국 평가자들의 의견 일치 정도와 종합 점수가 회색 영역 안에 있는지 밖에 있는지에 따라 결정이 달라질 수 있다. 회색 영역 밖에 위치한다면 해당 사업의 실행·미실행 여부에 대해 더욱 명확한 결론을 내릴 수 있다. 그러나 그렇지 않다면, 연구진들은 회색 영역에 속한다는 것을 명확히 표시하고, 사업의 타당성에 대한 결론을 내릴 때 주장의 힘을 약화시키거나 신중하게 접근해야 한다. 또한 의견이 분분할수록 더욱 신중하게 결정을 내려야 한다.

예시의 사례는 AHP 평가 결과에서 평가자 6명 모두가 사업을 시행(즉, 화학물질의 관리수준을 변경)하는 것이 타당하다고 판단했으며, '사업 시행(즉, 화학물질의 관리수준 변경)'이라는 의사결정의 강건성을 확보하고 있음을 알 수 있다.

3. 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안)

1) 사회경제성 분석 지침(안)의 용어사전

산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안)에서 이용되는 용어사전을 지침(안)의 내용 이전에 다음 표와 같이 먼저 정리하여 함께 제공한다.

〈표 III-67〉 사회경제성 분석 지침(안)의 용어사전

용어	용어(영어)	용어 설명
거시경제적 영향	Wider economic impacts	거시경제적 영향을 지칭. 이와 관련된 영향으로는 통상, 경쟁, 경제성장, 인플레이션, 세금 등이 해당된다.
건강 영향	Health impacts	건강에서의 영향을 지칭한다. 건강영향에는 건강과 관련된 복지영향과 (작업인력의 질병 등으로 인한) 생산성손실, 건강 관리비용이 포함된다.
국내 총생산	Gross Domestic Product (GDP)	국내총생산은 한 국가의 모든 경제주체가 일정 기간 동안에 생산한 재화와 용역의 부가가치를 금액으로 환산하여 합계한 것이다. 국내총생산은 한 국가의 영역 이내에서의 순 산출량을 시장가치로 환산한 것이다. 국내총생산은 국내 총 소득과 동일하다.
기준선 시나리오	Baseline scenario	특정한 조치 또는 규제가 이루어지기 전의 상태이다. 예컨대, 노출기준설정물질인 특정 화학물질을 관리대상유해물질로 변경하고자 하는 경우, 기준선 시나리오는 특정 화학물질이 노출기준설정물질인 상태를 의미한다.
기회비용	Opportunity cost	한 품목의 생산이 다른 품목의 생산 기회를 놓치게 한다는 관점에서, 어떤 품목의 생산 비용을 그것 때문에 생산을 포기한 품목의 가격으로 계산한 것이다.
다기준	Multi-criteri	하나 이상의 기준 또는 목적을 지닌 복잡한 의사결정을 최적

용어	용어(영어)	용어 설명
분석	a analysis (MCA)	화하는 방법이다. 다기준분석은 다기준 즉, 정량적 결과 및 정성적 결과도 함께 고려한 의사결정을 할 수 있다. 계층화분석법(AHP)도 다기준분석법에 포함된다.
대안 시나리오	Alternative scenario	특정한 조치 또는 규제가 이루어진 후의 상태이다. 예컨대, 노출기준설정물질인 특정 화학물질을 관리대상유해물질로 변경하고자 하는 경우, 대안 시나리오는 특정 화학물질이 관리대상유해물질로 지정된 상태를 의미한다.
명목 가격	Nominal price	가치변동이나 인플레이션 등의 요인을 고려하지 않은 재화나 용역에 대한 시장가격을 지칭하고 실질가격은 인플레이션의 효과를 고려한 후의 재화에 대한 시장가격을 지칭한다.
물가 지수	Price index	물가의 변동을 파악하기 위하여 작성되는 지수로 기준이 되는 해의 물가수준을 100으로 하고, 그 후의 물가를 종합지수 형태로 나타낸다. 주로 사용되는 물가지수에는 소비자물가지수(CPI), 생산자물가지수(PPI), GDP 디플레이터 등이 있다.
민감도 분석	Sensitivity analysis	매개변수의 변화에 대한 분석 결과물의 민감도를 판정하기 위한 “what-if” 형태의 분석. 매개변수에서의 작은 변화가 상대적으로 큰 결과물의 변화로 귀결되는 경우 결과물은 해당 매개변수에 대해 민감하다고 말한다.
분배적 영향	Distributional impacts	제안이 공급망에 따라 지역, 인력, 소비자, 산업체들에게 미치는 영향을 보여준다.
비용	Cost	직/간접적인 행위들에서 기인하는 부정적인 것과 관련되며 비용에는 재무적인 것과 비재무적인 것이 모두 포함된다.
비용 편익 분석	Cost benefit analysis (CBA)	시장에서 경제적 가치의 충분한 척도를 제공하지 못하는 항목들을 포함하여 (가능한 경우) 화폐적 관점에서 가능한 행동의 비용 및 편익을 수량화하는 분석을 지칭한다.
비용 효과 분석	Cost effectiveness analysis (CEA)	기준에 설정된 목표를 최소비용으로 달성하기 위한 수단을 결정하는데 일반적으로 사용되지만 그것에만 한정되지는 않는다. CEA(비용효과분석)은 사전에 정해진 목표를 성취하는데 있어서 가장 비용이 적게 드는 수단을 파악하기 위해 널리 사용된다.

용어	용어(영어)	용어 설명
사적 비용	Private costs	정책을 실행하는 그룹이나 부문과 관련되는 비용으로서 사회적 비용과 대비되는 개념이다.
사회적 비용	Social costs	사회에 대한 기회비용을 지칭하며 외부비용이나 외부성도 포함된다.
사회적 영향	Social impact	근로자, 소비자, 일반대중에게 영향을 미칠 수 있는 모든 영향을 지칭. 건강 영향, 환경영향, 경제적 영향에 포함되지 않은 영향 (예를 들어 고용, 근무 조건, 직무 만족, 근로자의 교육, 사회 보장 등)
순 현재가치	Net present value (NPV)	현재가치는 미래 비용 및 편익의 추세에 대한 할인된 가치이다. 순 현재가치는 투자 계획으로부터 예상되는 미래현금흐름을 그 현금흐름에 알맞은 할인율로 할인해서 산출한 현재가치로부터 투자비용을 차감한 값을 말한다. 순 현재가치는 프로젝트, 투자, 정책에 대한 현재의 가치를 지칭한다.
시장가치	Market value	자산이 시장에서 거래되는 가격을 지칭한다. 시장이 왜곡되거나 비효율적인 경우 시장 가치는 시장 가격과 서로 다르다.
실질 가격	Real price	특정 기준 연도의 실질 가격은 특정 연도의 명목 가격을 해당 연도의 물가지수로 나누어 산정한다.
연간 (총)비용	(Total) Annual costs	연간 (총)비용은 연간 일회성 비용과 연간 운영비의 합이다. 연간 일회성 비용인 설치비용은 연간화 비용으로 산정하여 연간 운영비와 합산하여 연간 (총)비용으로 산정한다.
연간화 비용	Annualized cost	연간화 비용은 일회성(재발되지 않는) (예를 들어 자본, 공장 정지 시간) 비용을 관련 할인율을 사용하여 수명에 대해 균등 분할하는 것이다. 단, 명목가치로 산정하는 경우는 할인율은 고려하지 않고 시설의 수명으로 나누어 연간화비용을 산정할 수 있다.
영향 기간	Impacts period	영향이 유발되거나 (영향 유발기간이라고 함) 영향이 실현되는 기간(영향 실현기간이라고 함)을 지칭한다. 영향 유발기간은 조치가 도입되어 변화가 나타나기 전까지의 기간을 의미한다. 영향 실현기간은 영향이 구체화되는 기간과 관련된다. 영향 유발기간과 영향실현기간의 차이는 영향 실현과 관련된

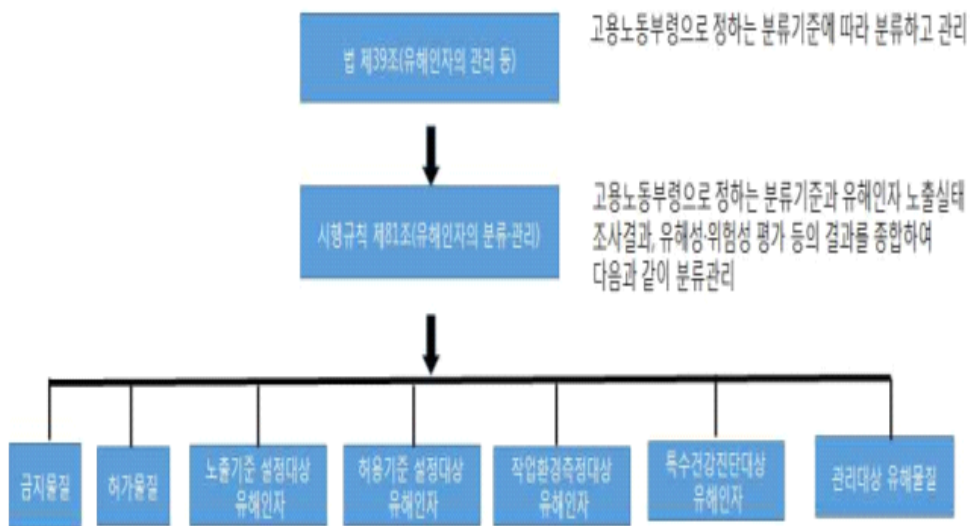
용어	용어(영어)	용어 설명
		자연이 발생하는 경우이다.
운영비	Operating cost	매년 재발하는 비용을 지칭한다 (가변비용, 운영비용과 관련됨). 이와 관련된 보기로는 원자재 비용, 노동 비용, 에너지 비용, 유지보수 비용 등이 있다.
이전지출	Transfer payment	이전지출 또는 '이전'은 사회부문들간의 가치의 이전을 지칭한다. 이전지출은 사회에 대한 전체적인 비용을 나타내는 것이 아니라 가치의 재분배이다. 세금이나 보조금은 이전지출의 대표적인 예이다.
자본비용	Capital cost	여러 해에 걸친 수명을 갖는 투자비용을 지칭한다.
준수 비용	Compliance cost	조치를 준수하는 사용자(예를 들어 공급망)의 비용을 지칭한다. 준수 비용에는 자본비용과 운영비용이 포함된다.
직접 비용	Direct cost	정책을 준수하기 위해 해당 분야가 이용해야 할 추가적인 자원을 지칭한다. 직접비용의 예로는 화학물질의 노출을 감소시키기 위한 국소배기장치 설치비용이나 보호장비에 드는 비용 등이 해당된다.
진술 선호	Stated preference	일반적으로 특정한 대상의 편익 즉, 지불의사금액을 추정하기 위해 구축된 설문에 대한 답변 자료를 통하여 특정 대상에 대한 선호를 추정하는 방식을 지칭한다.
투자비용	Investment cost	다년에 걸친 수명을 가진 자본비용이다.
편익	Benefits	편익은 어떤 행동에 직간접적으로 기인하는 긍정적인 것들이다. 이것에는 재무적인 것 및 비재무적인 것 모두가 포함된다.
한계비용	Marginal costs	한계비용은 재화나 서비스를 한 단위 더 생산하는데 들어가는 추가비용을 말한다. 예를 들어 배출을 한 단위 더 감소시키기 위해 들어가는 추가비용이 여기에 해당된다.
할인	Discounting	할인율을 이용하여 미래의 비용 또는 편익을 현재가치로 환산하는데 사용되는 방법을 지칭한다.
할인율	Discount rate	미래 수익(또는 지출)을 그것의 현재가치로 환산하기 위해 사용된다.

용어	용어(영어)	용어 설명
현시 선호	Revealed preference	시장에서의 소비자 행태를 조사하여 소비자의 특정 대상에 대한 편익, 즉, 지불의사금액(WTP)을 추론하는 방식을 지칭한다.
현재가치	Present Value	할인의 수단에 의해 현재 가격으로 표현된 미래 영향의 가치이다.
GDP 디플레이터	GDP deflator	불변가격에서의 명목 국내총생산 (GDP) 대비 실질 GDP의 비율로 정의되는 경제 전체 소비자 물가 수준의 지표이다.

2) 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안)

산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안)은 특정 화학물질의 관리수준 변화에 따른 편익 및 비용 등을 산정·비교하여 관리수준 변화의 타당성을 종합적으로 검토하는 방법 및 절차를 설명한다.

산업안전보건법의 화학물질 분류 및 관리내용을 보면, 금지물질, 허가물질, 노출기준 설정물질, 허용기준 설정물질, 작업환경측정대상 유해인자, 특수건강진단대상 물질, 관리대상 유해물질, 특별관리물질로 구분된다. 이와 같은 분류에 따른 해당 화학물질 분류별 관리내용은 다음 [그림 III-11] 및 <표 III-68>에 정리되어 있다.



[그림 III-11] 산업안전보건법상 화학물질 분류 및 관리체계

〈표 III-68〉 산업안전보건법의 화학물질 분류 및 관리내용

분류	관리내용
제조 등 금지물질	제조·수입·양도·제공 또는 사용을 금지 시험·연구용은 지방노동관서의 승인을 받아 제조·수입·사용
제조 등 허가물질	지방노동관서의 허가를 받아 제조 또는 사용 허가받은 사항을 변경할 경우에도 허가를 받아야 함
노출기준 설정물질	노출기준 이하 수준에서는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 기준 시간가중평균노출기준(TWA), 단시간노출기준(STEL), 최고노출기준(Ceiling, C)로 구분
허용기준 설정물질	작업장 내 노출농도를 허용기준 이하로 유지해야 하는 물질 시간가중평균노출기준(TWA), 단시간노출기준(STEL)으로 구분
작업환경측정 대상 유해인자	근로자의 건강을 보호하고 쾌적한 작업환경을 조성하기 위하여 주기적으로 노출상황을 측정·보고해야 하는 물질 * 물리적 인자(2종) 포함
특수건강진단 대상물질	직업병 발생 위험이 높아 짧은 주기로 건강진단을 실시해야 하는 물질 * 물리적 인자(8종), 야간작업(2종) 포함
관리대상 유해물질	근로자에게 상당한 건강장해를 일으킬 우려가 있어 건강장해를 예방하기 위한 보건상의 조치가 필요한 물질
특별관리물질	발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성 등 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있어 근로자에게 알려야 하는 물질

출처: 한국화학물질관리협회(<http://www.kcma.or.kr>), 제도이행정보

사회경제성 분석은 산업안전보건법의 특정 화학물질의 관리수준 변화에 따른 편익 및 비용 등을 종합평가하여 사회경제성분석 결과를 제시하고자 한다.(SEA 1단계)

이 목적을 위하여 평가하고자 하는 기준선 시나리오와 대안 시나리오를 정의할 필요가 있으며(SEA 2단계), 관리수준의 변화(두 시나리오의 차이)에 따른 사회적 편익의 증분 산정(SEA 3단계) 및 산업계 준수비용을 비롯한 사회

적 비용 증분을 산정한다(SEA 4단계), 이러한 분석을 근거로 하여 기본적으로 비용편익분석 및 민감도 분석을 수행한다.(SEA 5단계) 그 이후에는 대상 화학물질 관련 해외의 관리수준 현황 정보, 관리수준의 실현가능성, 분배적 효과 및 기타 사회경제적 효과를 조사한다.(SEA 6단계) 최종적으로 앞서 분석되거나 정리된 정보를 활용하여 정량적 또는 정성적 종합 평가를 통하여 대상 화학물질 관리수준 변화의 타당성을 판단한다.(SEA 7단계)

산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석은 기본적으로 7 단계를 제안하지만, 6단계 및 7단계를 다른 방식으로 고려하는 경우에는 5단계 즉, 비용편익분석 단계까지만 진행할 수 있다.

〈표 III-69〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 단계

SEA 단계	단계의 정의	단계의 수행 내용
1단계	사회경제성분석의 목적	• 왜 SEA를 하는가?
2단계	사회경제성분석의 범위 설정	• SEA의 기준선 시나리오와 대체 시나리오 정의 • SEA의 분석 범위 설정
3단계	편익 분석	• 주요 건강/환경 영향 등의 확인 • 주요 건강/환경 영향 등의 편익 산정
4단계	비용 분석	• 주요 산업계 영향 및 기타 영향 등 확인 • 산업계 준수비용 및 기타 사회적 비용 산정
5단계	비용편익분석/ 민감도 분석	• 비용편익분석(기본)/비용효과분석 • 민감도 분석
6단계	해외 관리수준 및 기타 사회경제적 효과 검토	• 해외 관리수준 및 실현가능성 등 • 분배적 효과 및 기타 사회경제적 효과 등
7단계	종합평가	• 정량적 종합평가: 다기준분석 • 정성적 종합평가

(1) SEA 1단계 : 목적 설정

- 이 단계에서는 산업안전보건법 화학물질 관리수준의 변화를 검토하게 된 배경 설명과 함께 특정 화학물질의 관리수준 변화를 하고자 하는 목적 및 특이사항 등을 정리한다.

〈표 III-70〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 1 단계

SEA 소단계	소단계 정의	소단계의 수행 내용
1.1 단계	SEA의 배경	• SEA를 수행하게 된 배경 설명
1.2 단계	SEA의 목적	• SEA에서 평가하고자 하는 목적
1.3 단계	SEA의 특이사항	• SEA에서 특이사항 정리

1.1. 사회경제성 분석의 배경

- 산업안전보건법의 특정 화학물질 관리수준 변화의 타당성을 검토하게 된 배경에 대해 간략히 설명한다.

1.2 사회경제성 분석의 목적

- 일반적으로 사회경제성 분석을 하는 목적은 특정 화학물질의 관리수준 변화에 따른 편익(benefit) 및 비용(cost) 등을 산정·비교하여 관리수준 변화의 타당성을 종합평가하고자 하는 목적을 갖는다.

1.3 사회경제성 분석의 특이사항

- 사회경제성 분석하고자 하는 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준의 변화와 관련해 특이사항이 있으면 정리한다. 특이사항이 없는 경우는 ‘특이사항 없음’으로 정리한다.

(2) SEA 2단계 : 범위 설정

- 이 단계에서는 화학물질 관리수준의 변화 전후의 상황을 기준선 시나리오 및 대안 시나리오로 정의하여 평가할 대상을 분명히 한다. 또한 사회경제성 분석에서 고려할 산업계 및 시장, 분석의 시간적 범위, 분석의 공간적 범위를 설정한다.

〈표 III-71〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 2 단계

SEA 소단계	소단계 정의	소단계의 수행 내용
2.1 단계	기준선 시나리오 정의	• 기준선 시나리오 정의 및 설명
2.2 단계	대안 시나리오 정의	• 대안 시나리오 정의 및 설명
2.3 단계	분석 범위 설정	• SEA의 범위(시간, 공간, 영향 등) 정의 및 설명

2.1 기준선 시나리오의 정의

- 기준선 시나리오(baseline scenario)는 특정한 조치 또는 규제가 이루어지기 전의 상태를 의미한다. 따라서 특정 화학물질의 관리수준 변화 관련 타당성을 검토하기 위한 사회경제성 분석에서 기준선 시나리오는 대상 화학물질의 관리수준이 변화하기 전의 상황, 즉 현재 상황을 지칭한다.
- 기준선 시나리오를 정의하기 위해서는 대상이 되는 대상 화학물질 및 현재의 관리수준을 명확히 하여야 한다. 이때 해당 화학물질의 산업계의 취

급 행태, 취급량 및 최근 몇 년 동안의 이용 변화 등의 정보를 함께 제공할 필요가 있다.

2.2 대안 시나리오의 정의

- 대안 시나리오(alternative scenario)는 특정한 조치 또는 규제가 이루어진 후의 상태를 의미한다. 따라서 특정 화학물질의 관리수준 변화 관련 타당성을 검토하기 위한 사회경제성 분석에서 대안 시나리오는 대상 화학물질의 관리수준이 변화한 후의 상황, 즉 규제 이후의 상황을 지칭한다.
- 대안 시나리오를 정의하기 위해서는 기준선 시나리오와 마찬가지로 대상 화학물질 및 변화시키고자 하는 관리수준을 명확히 제시하여야 한다. 이때 대상 화학물질의 관리수준이 변화하는 경우, 영향을 받는 산업계의 반응 및 대책 방향 등을 예측하고, 그 근거를 제공할 필요가 있다.

2.3 분석 범위의 설정

- 사회경제성 분석의 범위 설정은 크게 3가지로 구분할 수 있다. 여기에는 영향을 받는 산업계 및 시장, 분석의 시간적 범위, 분석의 공간적 범위가 포함된다.
- 영향을 받는 산업계 및 시장은 특정 화학물질 관리수준의 변화와 관련된 산업계 및 시장을 의미한다. 여기에는 특정 화학물질의 관리수준의 변화 전과 변화 후의 영향이 미치는 산업계 및 시장을 포함한다. 이때 특정 화학물질 관리수준의 변화 전과 변화 후에 영향이 미치는 산업계와 시장이 동일할 수도 있겠지만, 특정 화학물질 관리수준 변화로 인하여 대체 화학물질을 이용하게 되는 상황에서는 변화 전후의 산업계 및 시장이 다를 수 있다.

- 분석의 시간적 범위는 크게 영향 유발 기간과 영향 실현 기간으로 구분할 수 있다. 영향 유발 기간과 영향 실현 기간은 장기적인 인과관계와 관련된다. 즉, 영향 유발 기간은 영향을 유발하기 위한 기간으로 인과관계에서는 원인에 해당하는 기간이며, 영향 실현 기간은 영향이 발생하거나 실현되는 기간으로 인과관계에서 결과에 해당하는 기간이다.
- 예를 들어, 특정 화학물질 관리수준의 변화에서 영향 유발 기간은 시설 설치 이후 기준선 시나리오와 대안 시나리오에서의 영향 차이를 발생시키기 전까지의 기간을 영향 유발 기간으로 판단할 수 있다. 영향 유발 기간이 다년간에 걸친 기간이 아니라면, 이 기간을 분석에서 특별히 고려할 필요는 없다.
- 한편 영향 실현 기간은 영향이 발생하여 실현되는 기간을 포함한다. 이 영향 실현 기간은 영향의 효과를 평가할 수 있는 충분한 기간을 포함할 필요가 있다. 영향 실현 기간은 영향이 발생한 이후 일정 기간(20년 ~ 50년)을 설정해서 분석한다. 화학물질의 경우 상당한 기간 이후에 영향이 발생하기에 최소한 30년 이상을 영향 실현 기간으로 설정할 필요가 있다. 화학물질의 관리수준 변화의 영향이 후세에 미칠 때에는 영향을 충분히 포함할 수 있는 기간을 설정할 수도 있다.
- 분석의 공간적 범위는 영향이 발생하는 지역적 영역을 의미한다. 산업안전보건법 화학물질의 관리수준 변화와 관련된 사회경제성 분석의 공간적 범위는 영향이 발생하는 산업계의 사업장으로 한정할 수 있다. 한편 산업계의 사업장을 넘어서 주변 지역까지 영향을 미치는 경우가 있다면, 해당 지역까지 공간적 범위에 포함하여야 한다.

(3) SEA 3단계 : 편익 분석

- 이 단계에서는 특정 화학물질의 관리수준 변화에 따른 편익 항목을 식별하고, 해당 편익 항목을 산정할 방법을 선정하여 편익 산정하는 단계이다.

〈표 III-72〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 3 단계

SEA 소단계	소단계 정의	소단계의 수행 내용
3.1 단계	편익 항목 식별	• 편익 항목 식별 및 설명
3.2 단계	편익 산정 방법	• 편익 항목의 산정 방법 설명
3.3 단계	편익 산정	• 편익 산정 및 정리

- 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준의 변화에 따른 사회적 편익을 분석하기 위해서는 주요 영향과 관련된 편익 항목을 식별한 뒤, 적절한 편익 산정 방법 및 단위 편익을 적용하여 산정한다.

3.1 편익 항목 식별

- 산업안전보건법 화학물질 관리수준 변화로 인한 주요 편익 항목은 근로자의 건강 편익이다. 그 외에도 환경적 편익 또는 기타 편익이 발생하는 경우도 있지만, 산업계의 사업장에서의 여건을 고려하면 근로자의 건강 편익에 초점을 맞추어 분석할 필요가 있다.
- 건강 편익을 어떤 건강 관련 지표로 평가할지는 분석에 이용할 수 있는 자료 및 정보에 근거하여 결정한다.
- 건강 편익은 근로자의 건강 영향으로부터 발생하는데, 건강 영향은 일반적으로 질환율(morbidity) 및 사망률(mortality)의 변화로 구분하여 평

가한다. 이는 화학물질별로 특정 질환에 영향을 미치거나 암 발생 등으로 사망에 영향을 줄 수도 있기에, 건강 편익 평가를 위해서는 해당되는 건강 영향에 한정하여 평가할 필요가 있기 때문이다. 또한 질환 감소의 단위 편익과 사망 감소의 단위 편익이 큰 차이를 보이므로, 두 가지 건강 영향을 분리해서 평가해야 하기 때문이다.

- 한편 건강 편익을 질환율 및 사망률로 구분해서 평가하지 않는 방식으로는 장애보정생존년수(disability adjusted life year, DALY) 또는 질보정생존년수(quality adjusted life year, QALY)를 이용할 수도 있다. 이때는 기존 연구에서 질환별로 산정된 장애보정생존년수(DALY) 또는 질보정생존년수(QALY)가 있다면, 활용할 수 있다.

3.2 편익 산정 방법

- 건강 편익의 산정 방법은 화학물질 관리수준 변화로 인한 특정 질환 감소자 수 및 감소한 사망자 수에 특정 질환 발생의 단위 사회적 비용 및 통계적생명가치(value of a statistical life, VSL)을 곱하여 산정한다.
- 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준 변화는 사업장의 근로자들이 해당 화학물질에 노출되는 수준을 감소시키게 된다. 이때 초과 질환위험 및 초과 사망위험이 감소하는데, 이를 영향을 받는 근로자 수에 곱하여 연간 질환자 및 사망자 감소자 수를 산정한다.
- 건강의 단위 편익을 산정하는 방법은 일반적으로 비시장재화 가치측정법을 활용하며, 현시선호법, 진술선호법, 자원비용법으로 구분된다. 또한 기존 연구 결과를 활용하는 편익이전법도 건강의 단위편익 산정에 이용할 수 있다.
- 질환에는 다양한 질환이 있으므로, 해당 질환이 유발하는 사회적 비용을 반영하여 질환 감소의 편익을 평가한다. 질환의 사회적 비용에는 일반적

으로 의료비용법(cost of illness, COI)에 의해 산정된 비용을 이용한다.

- 한편 사망의 경우는 사전적인 사망 위험을 회피하기 위한 지불의사금액(willingness to pay, WTP)으로부터 도출한 통계적생명가치(VSL)을 사망 위험 감소의 편익 분석에 이용한다.
- 산업재해 보상 급여에 대한 정보를 활용하여 질환 및 사망의 사회적 비용을 산정할 수도 있다. 이렇게 산정된 질환의 단위비용은 앞서 의료비용법(COI)에 의해 산정된 단위비용처럼 질환별로 이용할 수는 없지만, 특정 질환을 구분하기 어려운 경우에는 차선택으로 적용할 수 있다. 마찬가지로 산업재해 보상 급여에 대한 정보로부터 산출한 사망의 사회적 비용도 통계적생명가치(VSL) 대신 적용하여 민감도 분석에 사용할 수도 있다.
- 한편 장애보정생존년수(DALY) 또는 질보정생존년수(QALY)로 평가한 건강 영향은 편익이전법을 활용하여 기존 연구에서 평가된 1 DALY 또는 1 QALY의 경제적 가치를 건강 편익 산정에 이용할 수 있다.

3.3 편익 산정

- 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준 변화로 인한 근로자의 건강 편익 산정을 위해서는 우선, 기준선 시나리오 및 대안 시나리오에 영향을 받는 산업계의 근로자를 기준으로 해당 화학물질의 노출 감소로 인한 근로자의 질환 위험 및 사망 위험의 감소자 수를 산정한다. 그 뒤에 질환의 사회적 비용 및 통계적생명가치(VSL)을 곱하여 편익을 산정한다.
- 한편 장애보정생존년수(DALY) 또는 질보정생존년수(QALY)로 평가한 건강 영향은 1 DALY 또는 1 QALY의 경제적 가치를 적용하여 평가한다.
- 분석 기간(영향 발생 이후 30년) 동안의 편익을 산정하기 위해서는 연간 편익을 산정한 뒤, 사회적 할인율을 적용하여 기준 연도의 현재가치(present value)로 산정한다.

(4) SEA 4단계 : 비용 분석

- 이 단계에서는 특정 화학물질의 관리수준 변화에 따른 비용 항목을 식별하고, 해당 비용 항목을 산정할 방법을 선정하여 비용을 산정하는 단계이다.

〈표 III-73〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 4 단계

SEA 소단계	소단계 정의	소단계의 수행 내용
4.1 단계	비용 항목 식별	비용 항목 식별 및 설명
4.2 단계	비용 산정 방법	비용 항목의 산정 방법 설명
4.3 단계	비용 산정	비용 산정 및 정리

4.1 비용 항목 식별

- 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준 변화로 인하여 시설(설치)비용 및 운영비용이 증가한다면, 이 자원을 다른 용도로 사용할 수 없기 때문에 기회비용(opportunity cost)라고 부르고, 비용으로 파악한다.
- 비용은 사적 비용과 사회적 비용으로 구분할 수 있는데, 비용편익분석에서 고려되는 비용은 사회적 비용이다. 사적 비용과 사회적 비용이 일치하는 때도 있다. 하지만 특정 부문에서의 사적 비용이 다른 부문으로 이전된다면, 그와 같은 이전으로 사회적 비용은 증가하지 않는다.
- 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준 변화로 인한 사회적 비용은 직접 비용과 간접비용으로 구분할 수 있다. 직접비용에는 준수비용, 정부규제 비용, 사회적 후생손실비용, 이전비용이 포함된다. 직접비용 중 가장 우선하여 산업계의 준수비용 산정에 초점을 맞출 필요가 있다.
- 준수비용은 화학물질 관리수준의 변화에 따른 새로운 시설의 설치 및 운

영에 드는 비용 항목으로, 시설(설치)비용과 운영비용으로 구분해서 산정한다. 시설(설치)비용은 자본비용 또는 투자비용이라고도 불리는데, 일정한 내구년수를 갖는 시설 또는 기계의 구입에 소요되는 비용이다. 한편 운영비용은 시설의 운영을 위한 비용, 재료비용, 노동비용 등이 포함될 수 있다.

- 산업안전보건법 화학물질 관리수준의 변화에 따른 산업계 준수비용 항목에는 국소배기장치 및 밀폐설비 설치 및 운영 비용, 보호구 및 보호복 구입 및 유지비용, 서류 작성 비용 및 교육 비용 등이 포함된다.
- 정부규제비용은 화학물질 관리수준 변화로 인한 행정, 감시, 감독비용이며, 사회적 후생손실비용은 제품 가격 상승으로 인한 소비자 잉여의 감소이다. 또한 이전비용은 실업, 기업파산, 거래비용 및 조정비용 등이 포함된다. 한편 간접비용에는 생산성, 기술혁신, 시장구조 등의 변화에서 발생하는 비용을 의미한다.

4.2 비용 산정 방법

- 준수비용을 산정하는 방법으로는 공학적 방법, 설문조사법, 생산경제학모형 등이 있다. 산업안전보건법 화학물질 관리수준 변화에 따른 준수비용을 측정하기 위해서는 대상이 되는 산업계 사업장에 대한 설문조사 방식이 이용될 수 있다. 또한 산업계 사업장에 대한 설문조사가 어려운 경우에는 전문가의 의견을 수렴하는 델파이 조사방법도 활용할 수 있다.
- 산업계 설문조사 또는 전문가 델파이 조사를 통해 준수비용 이외에 사회적 후생손실비용 산정에 필요한 정보 및 이전비용에 관한 정보를 확보할 수도 있다. 또한 설문조사 내용에 간접비용과 관련된 내용을 포함하면, 간접비용 관련 정보도 얻을 수 있다.
- 산업계 준수비용을 설문조사를 이용하여 산정하고자 할 때는 모집단을 대

표할 수 있는 표본 설계에 따른 조사를 수행하여야 한다.

- 산업계의 다른 산업으로의 파급효과를 고려한 분석을 하기 위해서는 부분 균형분석, 다시장 모형, 일반균형 분석방법을 이용할 수 있다. 산업연관분석을 이용하여 타산업부문의 가격 인상 효과 분석을 이용하여 필요한 범위에서 사회적 후생손실비용 측정을 시도해 볼 수도 있다.

4.3. 비용 산정

- 산업안전보건법 화학물질 관리수준 변화에 따른 비용 산정을 위해서는 먼저 대상 산업계 사업장을 파악하고, 해당 사업장의 대상 화학물질의 취급량, 제품 출하액(또는 매출액), 현재의 시설 상황 등을 파악하여야 한다.
- 대상 산업계 사업장을 모집단으로 한 표본 설계를 통하여 모집단을 대표할 수 있도록 표본을 추출하여 준수비용 등을 조사할 수 있는 설문조사를 수행한다.
- 분석 기간 동안 산업계의 준수비용을 시설(설치)비용 및 운영비용으로 파악하여, 내구연한을 갖는 시설의 비용은 연간화 비용(annualized cost)로 바꾸어 고려할 수 있다. 또는 시설의 내구연한을 고려한 재투자비용(재시설설치비용)을 고려하는 방식을 이용할 수도 있다.
- 분석 기간(영향 발생 이후 30년) 동안의 편익을 산정하기 위해서는 매년 비용을 산정한 뒤, 사회적 할인율을 적용하여 기준 연도의 현재가치(present value)로 산정한다.

(5) SEA 5단계 : 비용편익분석(및 민감도 분석)

- 이 단계에서는 비용편익분석 기법 및 전제를 설명하고, 기본적으로 비용편익분석 결과를 제시한다. 또한, 할인율 등의 변수에 변화에 따른 민감도 분석도 수행하는 단계이다.

〈표 III-74〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 5 단계

SEA 소단계	소단계 정의	소단계의 수행 내용
5.1 단계	비용편익분석 개요	• 분석기법 및 분석의 전제 설명
5.2 단계	비용편익분석	• 비용편익분석(기본), 비용효과분석
5.3 단계	민감도 분석	• 할인율, 주요 영향 변수에 따른 민감도 분석

5.1 비용편익분석 개요

- 비용편익분석 기법에는 편익비용비(B/C ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR)이 있다. 이 기법들을 이용하여 비용편익분석을 수행할 수 있지만, 각 방법별로 장단점이 있다. 따라서 3가지 기법에 의해 산출된 값을 모두 제시하는 방법이 적절하다.
- 편익비용비 : 편익/비용비율(B/C)이란 운영 후 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용(투자비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준년도 가격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로 (편익/비용비율) ≥ 1 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{편익·비용비율}(B/C) = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

여기서 B_t : 시점 t 에서의 편익
 C_t : 시점 t 에서의 비용
 r : 할인율(이자율)
 n : 내구연도(분석연도)

- 순현재가치 : 순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도
 의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값이며, (순현재가
 치) ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{순현재가치}(NPV) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t 에서의 편익
 C_t : 시점 t 에서의 비용
 r : 할인율(이자율)
 n : 내구연도(분석연도)

- 내부수익률 : 내부수익률(Internal Rate of Return: IRR)은 현재가치로
 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율을 구하는 방법으로 일반적으
 로 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{내부수익률}(IRR) : \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t 에서의 편익
 C_t : 시점 t 에서의 비용
 IRR : 내부수익률
 n : 내구연도(분석연도)

- 비용편익분석의 전제에는 분석 기간 및 분석기준일, 사회적 할인율, 이전

지출 처리(세금 등), 잔존가치의 처리 등을 포함한다.

- 분석 기간은 영향 발생 이후의 일정 기간(30년)으로 하고, 분석기준일은 분석이 진행되는 전년도 말을 기준으로 한다.
- 사회적 할인율은 최근 예비타당성 조사 등에서 채택하고 있는 4.5%를 적용한다.

5.2 비용편익분석

- 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준 변화에 따른 편익 및 비용 분석 결과를 반영하여, 비용편익분석한 결과에 의해 타당성을 평가한다.
- 만약 특정 화학물질 관리수준 변화에 따른 편익을 화폐적 가치로 평가하지 못한 경우에는 비용효과분석(CEA)을 수행할 수도 있다. 비용효과분석 결과를 통해 건강 영향의 특정 지표를 기준으로 비용효과를 분석할 수 있다.

5.3 민감도 분석

- 민감도 분석은 비용편익분석 결과에 영향을 미칠 수 있는 다양한 변수들의 변화에 따른 결과를 제시한다. 일반적으로 사회적 할인율, 편익 및 비용에 상당한 영향을 미치는 변수, 가능한 시나리오 등의 변화를 고려한다.

(6) SEA 6단계 : 해외 관리수준 및 기타 사회경제적 효과 검토

- 이 단계에서는 특정 화학물질의 해외 관리수준을 검토하고 정리하고, 변화된 관리수준이 실현가능한지 여부, 기타 사회경제적 효과를 검토하는 단계이다.

〈표 III-75〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 6 단계

SEA 소단계	소단계 정의	소단계의 수행 내용
6.1 단계	해외 관리수준 검토	• 해외 관리수준 검토 및 정리
6.2 단계	실현가능성 검토	• 관리수준의 실현가능성 검토
6.3 단계	기타 사회경제적 효과 검토	• 분배적 효과 및 기타 사회경제적 효과 검토

6.1 해외 관리수준 검토

- 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준 관련 해외 국가들의 관리수준을 조사하여, 기준선 시나리오 및 대안 시나리오의 관리수준을 비교 평가한다.

6.2 실현가능성 검토

- 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준 변화가 기술적 또는 경제적 측면에서 실현가능한지 판단한다. 또한 산업계 및 이해관계자의 의견을 파악하여 실현가능성 여부를 검토한다.

6.3 기타 사회경제적 효과 검토

- 기타 사회경제적 효과 중에서 분배적 효과를 우선 검토한다. 분배적 효과는 사회계층, 집단, 지역 등에서의 분배적 효과의 변화 및 문제점을 검토한다.
- 그 외 기타 사회경제적 효과에는 고용 및 근무조건 등의 사회적 영향과 거시경제 영향 등을 검토한다.

(7) SEA 7단계 : 종합평가

- 이 단계에서는 5단계의 비용편익분석 결과와 6단계의 해외 관리수준, 실현가능성, 기타 사회경제적 효과를 고려한 종합평가를 정량적 또는 정성적으로 하는 단계이다.

〈표 III-76〉 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 7 단계

SEA 소단계	소단계 정의	소단계의 수행 내용
7.1 단계	종합평가 개요	• 분석기법 및 분석의 전제 설명
7.2 단계	종합평가를 위한 분석	• 정량적 종합평가(다기준분석), 정성적 종합평가
7.3 단계	종합평가	• 종합평가(관리수준의 타당성) 정리

7.1 종합평가 개요

- 종합평가 방법에는 정량적 결과와 정성적 결과를 함께 고려할 수 있는 다기준분석법(MCA)이 있으며, 일반적으로 계층화분석법(AHP)을 이용한다. 한편 정량적 종합평가 이외에 정성적으로 종합평가를 수행할 수도 있다.

7.2 종합평가를 위한 분석

- 산업안전보건법 화학물질 관리수준 변화의 타당성에 대한 계층화분석법(AHP) 결과는 한국개발연구원의 공공투자관리센터(KDI PIMAC)의 평가 기준을 참고로 고려할 수 있다.

7.3 종합평가

- 본 사회경제성 분석의 목적인 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준 변화의 타당성 여부를 종합평가한다.

3) 향후 지침(안) 개선을 위한 연구 방향 및 과제 제시

본 연구를 통해 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침(안)이 제시되었지만, 평가 대상에 적용하여 사회경제성 분석을 수행할 수 있으려면 보완되어야 할 연구 분야가 상당히 있다.

우선, 그동안 산업안전보건법 화학물질 관리수준 변화에 따른 근로자의 건강 편익을 평가할 수 있는 건강 지표(사망 또는 질병 감소)의 단위편익 관련 정보는 새로운 연구 또는 기존의 연구 결과를 활용하여 최소한의 수준에서는 구축되었다고 볼 수 있다.

하지만 산업계의 준수비용 등은 김태윤 등(2014)에서 제시된 시설 및 운영의 단위비용을 적용하고 있다. 이미 상당한 시간이 지나 최신 비용을 반영하여 최신화될 필요가 있다. 또한 김태윤 등(2014)에서 제시한 시설 및 운영 관련 비용 항목 및 단위비용의 적절성도 검토해 볼 필요도 있다. 특히 화학물질별 관리수준 변화별로 대상이 되는 사업장(기업)의 시설 및 운영비용에 평균적인 비용을 적용하는 것이 적절한지는 심도 있는 검토가 필요하다. 왜냐하면 화학물질별로 관리수준의 변화에 영향을 받는 사업장(기업) 집단이 상당히 다를 수밖에 없다고 생각되기 때문이다.

따라서 본 연구에서 산업계의 준수비용 산정을 위해 제시한 설문조사 방법을 적용하여 특정 화학물질 관리수준 변화에 따른 산업계의 준수비용을 측정해 볼 필요가 있다. 이 과정을 통해서 산업안전보건법 화학물질 관리수준 변화에 따른 산업계의 준수비용 산정을 위한 적절한 방법 및 주요 단위비용을 정립하는 연구가 필요하다.

둘째, 본 연구에서 사회경제성 분석의 최종 단계로 제안한 종합평가 단계에 적용할 다기준분석 방법인 계층화분석법(AHP)을 활용하기 위한 방안 개발이 필요하다. 기존의 사회경제성 분석 결과 및 해외 관리수준 등의 정보를 결합하는 설문 방식의 개발과 더불어 의사결정에서 해당 정보의 가중치를 산정하는 연구가 필요하다. 이 연구를 통해 그동안 회의방식을 통해서 의견을 수렴하는 방식을 대체할 수 있는 화학물질 관리수준의 결정을 위한 종합평가 방법

을 개발할 수 있다.

셋째, 근로자의 건강 편익을 사망과 질병으로 구분하지 않고 평가할 수 있는 질보정생존년수(QALY)의 경제적 가치를 추정하는 연구도 필요하다. 장애 보정생존년수(DALY)의 경제적 가치와 달리 질보정생존년수(QALY)의 경제적 가치는 관련 집단의 선호를 반영한 경제적 가치를 도출할 수 있다. 따라서 근로자의 질보정생존년수(QALY)의 경제적 가치는 근로자의 건강 수준별 효용 수준을 화폐적으로 평가할 수 있는 정보를 제공할 수 있다. 이러한 정보는 화학물질 관리수준의 변화에 따른 근로자의 건강 영향을 평가하는 방법에 이용될 수 있다.

넷째, 본 연구에서 제시된 사회경제성 분석 지침(안)을 적용하여, 산업안전보건법 특정 화학물질 관리수준 변화의 사회경제성 분석을 수행하는 연구도 필요하다. 산업안전보건법 화학물질의 분류 및 관리체계의 관리 범주별 관리수준 변화의 사회경제성 분석 사례 연구는 본 연구에서 제시한 사회경제성 분석 지침(안) 개선에 기여할 것이다.

IV. 결 론

.....

IV. 결론

기술 및 산업의 발전과 함께 화학물질의 종류와 사용량이 많이 증가하면서, 화학물질로 인한 혜택도 커졌지만, 화학물질의 유해성 및 위험성에 의한 부정적 영향도 매우 증가하였다. 특히 산업 현장에서 화학물질과 직접적으로 접하는 근로자의 경우는 가장 큰 건강 피해를 볼 가능성이 크다. 화학물질의 유해성 및 위험성을 고려하여 화학물질의 관리수준을 강화하는 방식을 채택할 수 있다. 하지만 화학물질의 관리수준 강화는 산업계의 준수비용 등을 비롯한 다양한 사회적 비용을 발생시킨다. 따라서 산업안전보건법 화학물질의 관리수준 변화에 따른 편익 및 비용을 산정 및 비교하는 사회경제성 분석 결과를 근거로 한 화학물질 관리수준과 관련 의사결정을 할 필요가 있다.

이와 같은 배경에서 본 연구는 그동안 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반을 구축하기 위한 선행연구의 결과를 반영하고, 최근 국내외 동향 및 사회후생적 근거를 갖춘 사회경제성 분석 지침(안)을 개발하기 위해 수행되었다. 이 연구의 목적을 위해 국내외 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침 검토 및 시사점 도출, 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 주요 내용 정리, 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안) 제시로 과업을 구분하여 진행하였다. 그 결과 각 연구 과업별로 다음과 같은 연구 결과를 도출할 수 있었다.

우선, 첫 번째 과업인 국내외 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침 검토 및 시사점 도출에서는 산업안전보건법 화학물질의 기존 사회경제성 분석 방법 및 최근의 분석 사례, 국내외 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침을 검토하였다. 그로부터 사회후생적 관점에서 편익과 비용이 정의되고 측정될 필요가 있다는 시사점을 도출하였고, 산업안전보건법 화학물질 관리는 작업장 환경이란 특성을 고려한 편익 및 비용의 평가가 필요하다고 판단하였다. 따라서 근로자의 건강 편익은 근로자의 통계적생명가치(VSL) 및 산업재해 급여 정보를 활용한 건강 편익 산정도 활용하도록 한다. 또한 산업계의 준수비

용 산정을 위해 최신의 시설 설치 비용 및 운영비용을 반영하고, 그 외 정부 규제비용, 사회적 후생손실비용, 이전비용 등의 직접비용 항목과 간접비용의 발생 여부 및 정도를 평가할 필요가 있다.

두 번째 과업인 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 주요 내용 정리에서는 주요 편익 산정 절차 및 예시, 주요 비용 산정 절차 및 예시, 사회경제성 분석의 종합방법 및 예시로 구분하여 진행하였다.

산업안전보건법 화학물질의 관리에 의한 주요 편익 산정 절차 및 예시에서는 우선, 선행연구(신영철 등(2021, 2022))에서의 도출한 근로자의 사망위험 감소의 편익 산정에 필요한 근로자의 통계적생명가치(VSL), 질병 감소의 사회경제적 편익, 작업장 환경에서 발생하는 산업재해 급여 분석에 근거한 건강 편익을 우선 순위를 고려하여 평가하도록 내용을 정리하였다. 관련된 주요 편익의 산정 절차에는 발암성 화학물질 및 비발암성 화학물질의 산정 예시를 통하여, 주요 편익의 산정 과정을 이해할 수 있도록 정리하였다.

산업안전보건법 화학물질 관리의 주요 비용 산정 절차 및 예시에서는 사회적 비용 중 산업계의 준수비용을 시설 설치 및 운영 비용으로 구분하여 우선적으로 평가하고, 그 외 정부 규제비용, 사회적 후생손실비용, 이전비용 등의 직접비용과 간접비용도 발생 여부 및 정도를 파악하도록 하였다. 관련된 주요 비용의 산정 절차에는 준수비용을 산정하기 위해 정보를 수집하고 분석하는 절차를 예시를 통해 소개하였으며, 그 외의 비용 항목이 측정될 필요가 있다고 판단되는 경우 적용할 수 있는 산정 방법 및 절차를 정리하였다.

산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석의 종합방법 및 예시에서 일반적으로 이용되는 비용편익분석(BCA) 방법을 설명하고, 그 외 종합방법으로 고려될 수 있는 비용효과분석법(CEA) 및 다기준측정법(MCA)도 소개하였다.

세 번째 과업인 산업안전보건법 화학물질 관리의 사회경제성 분석 지침(안) 제시는 국내외 기존 지침 및 최근 동향을 반영하고, 선행 연구의 결과를 활용할 뿐만 아니라 산업안전보건법 화학물질 관리의 특성을 반영한 지침을 제시

하였다. 사회경제성 분석 지침(안)은 (1단계) 사회경제성 분석의 목적, (2단계) 사회경제성 분석의 범위 설정, (3단계) 편익 분석, (4단계) 비용 분석, (5단계) 비용편익분석, (6단계) 해외 관리수준 및 기타 사회경제적 효과 검토, (7단계) 종합평가로 구성하였다. 각 단계에는 3개의 소단계로 구분하여 각 소단계에서 실행할 사항을 정리하였다.

본 연구의 결과는 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석에 활용할 수 있으며, 근로자의 건강 관련 정책의 평가 및 산업계의 준수비용을 포함한 사회적 비용 평가에도 활용할 수 있다.

본 연구에서 제시한 산업안전보건법 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침(안)은 최근 동향 및 분석 사례를 고려하여 정리된 지침(안)이다. 이 사회경제성 분석 지침(안)은 향후 사례 분석 등과 검토 또는 개선이 필요한 영역에서 후속 연구를 진행하여 계속 개선되어야 할 것이다.

참고문헌

- 고용노동부 (2019) 『작업환경실태조사』.
- 국민건강보험 건강보험정책연구원 (2017) 『건강보장정책 수립을 위한 주요 질병의 사회경제적 비용 분석』
- 김승원 등 (2022) 『크롬 및 그 화합물의 노출기준 개정방향』, 안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 김태윤 등 (2014) 『특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가 연구』, 안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 배상철 (2005) 『한국인의 질병부담 측정을 통한 건강관련 삶의 질 향상에 관한 연구』, 보건복지부 보건의료기술연구개발사업.
- 서남규 등 (2013) 『질병별 및 사회경제적 요인별 의료비 규모 추정 연구』, 국민건강보험공단.
- 신영철 (2007) “Estimating Values of Statistical Lives using Choice Experiment Method”, 『자원·환경경제연구』, 16(3), 한국환경경제학회·한국자원경제학회, 683-699.
- 신영철 (2008) “질병예방행위분석을 통한 확률적 인간생명가치 추정: 암검진 행위 분석을 중심으로”, 『자원·환경경제연구』, 17(4), 한국환경경제학회·한국자원경제학회, 845-873.
- 신영철 등 (2003) “미래의 사망가능성 감소에 대한 지불의사금액과 통계적 인간생명의 가치 측정: 환경적 피해와 환경정책의 평가를 위한 통계적 인간생명의 가치”, 『자원·환경경제연구』, 12(1), 한국환경경제학회·한국자원경제학회, 49-74.
- 신영철 등 (2017a) 『화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반 구축(I)』, 국립환경과학원.
- 신영철 등 (2017b) 『화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반 구축(II)』, 국립환경과학원.

- 신영철 등 (2018) 『화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반 구축(Ⅲ)』, 국립환경과학원.
- 신영철 등 (2019) 『화학물질의 지정 및 관리를 위한 사회경제성 분석』, 국립환경과학원.
- 신영철 등 (2021) 『산업안전보건법 규제영향분석을 위한 건강편익 산정 방식 개선 연구』, 안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 신영철 등 (2022) 『산업안전보건법의 화학물질 규제에 따른 사회경제성 분석 방식 개선』, 안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 신호성 등 (2010) “식중독의 사회경제적 비용추정: 삶의 질 개념을 적용한 질병비용추정법을 이용하여”, *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 43(4), 352-361.
- 안정훈 등 (2010) 『근거중심의 진료에 맞는 한국적인 보건의사결정을 위한 방법론 연구』, 한국보건의료연구원.
- 안정훈 등 (2011) 「보건의료 의사결정에서 비용-효과성에 관한 아시아 공동 연구」 발표 자료.
- 오상영·하대용 (2006) “AHP기법을 활용한 기업정보화 투자타당성 분석 사례 연구”, *Journal of Information Technology Applications & Management*, 13(4), 303-319.
- 엄영숙 (1997) “자기보호행동을 통한 인간생명 가치의 추정”, 『환경경제연구』, 6(1), 107-130.
- 이옥희 등 (2016) 『2015년 건강보험환자 진료비 실태조사』. 국민건강보험공단.
- 이용진·김예신·신동천·신영철 (2004) “울산 지역에서 대기중 벤젠으로 인한 암 사망 손실비용 추정 모형에 관한 연구”, 『자원·환경경제연구』, 13(1), 한국환경경제학회·한국자원경제학회, 49-82.
- 이은환 (2015) 『우리나라의 천식으로 인한 질병부담 및 경제적 비용』, 성균관대학교 박사학위논문.

- 임영욱 등 (2021) 『유해물질 노출에 대한 위해편익분석 기술개발 연구』, 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원.
- 정경희 등 (2011), "AHP 기법을 이용한 수행영향인자 평가에 관한 연구", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(1), 99-108.
- 조규수 등 (2015) 『화평법상 허가물질 지정·관리체계 마련 및 지정사업 연구』, 환경부.
- 최상준 등 (2021) 『생식독성물질의 산업안전보건법 등 관리수준 검토를 위한 유해성·위험성 평가』, 안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 한국개발연구원 공공투자관리센터 (2008) 『예비타당성조사 수행을 위한 일 반지침 수정·보완 연구(제5판)』.
- 한국산업안전보건공단 (2021) 『화학물질의 유해성·위험성 평가 지침』.
- 한국화학물질관리협회 홈페이지 <http://www.kcma.or.kr>,
- 환경부 (2003) 『환경정책의 비용/편익분석 지침서』.
- 환경부 (2016) 『화학법령 도입에 따른 경제적 비용/편익 분석 연구』.
- 환경부 『화학물질 통계조사』, 화학물질종합정보시스템 <http://icis.me.go.kr>

AGS [Ausschuss für Gefahrstoffe] (2012) Begründung zu Benzol in BekGS 910.

European Chemicals Agency (2011) *Guidance on the preparation of socio-economic analysis as part of an application for authorisation.*

European Chemicals Agency, (2008) *Guidance on socio-economic analysis - Restrictions.*

European Chemicals Agency (2015) *Background document to the Opinion on the Annex XV dossier proposing restrictions on 4,4'-isopropylidenediphenol (Bisphenol A; BPA).*

European Chemicals Agency (2016) *Valuing selected health impacts*

- of chemicals.*
- Environmental Protection Agency (2000, 2010) *Guidelines for Preparing Economic Analysis.*
- Freeman III, A. M., J.A. Herriges, and C.L. Kling (2014) *The Measurement of Environmental and Resource Values*, RFF Press, New York.
- GBD 2015 Risk Factors Collaborators (2016) *Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015*. Lancet. 388:1659-1724.
- Lasher A. A (2007) Method to Estimate the Burden of Food-borne Illness, IRAC - Sponsored Public Conference November 16, 2007 in Washinton D.C.
- Lvovsky K. et al. (2000) *Environmental Costs of Fossil Fuels*, Washington D.C.:The World Bank.
- OECD (2020) *Framework for Integrating Socio-Economic Analysis in Chemical Risk Management Decision Making.*
- OECD (2022) *Technical guidance document on the use of socio-economic analysis in chemical risk management decision making.*
- OECD (2026) *Cost-benefit analysis and the environment.*
- OECD (2016) Workshop on Socioeconomic Impact Assessment of Chemical Management.
- OECD (2017) Workshop on Best Practices in Assessing the Social Costs of Selected Chemicals.
- OECD The costs and benefits of regulating chemicals

<https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/sacame.htm>

Pearce D. and P. Koundouri (2003) "The Social Costs of Chemicals", WWF.

Saaty, T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill.

Saaty, T. L. (2001) *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*.

SCOEL (1991), *Recommendation from the scientific committee on occupational exposure limit for benzene*.

Abstracts

Developing socioeconomic analysis(SEA) guidelines for chemical regulation in the Occupational Safety and Health Act(OSHA)

Objectives :

This study aims to develop guidelines for the socioeconomic analysis of chemical regulation in the Occupational Safety and Health Act, reflecting recent trends and social welfare evidence.

Methods :

The research methodology includes reviewing domestic/international guidelines, relevant literature, case studies, and gaining consultative input.

Results :

The results suggest defining and measuring benefits and costs from a social welfare viewpoint, considering the workplace environment's characteristics. The main benefit calculation involves evaluating the statistical value of life(VSL) of workers, socioeconomic benefits of reducing diseases, and health benefits based on the analysis of occupational accident benefits. The

primary cost calculation procedure assesses the compliance costs of the industry first, including facility installation and operation costs, and other direct and indirect costs. The study introduces commonly used methods for socioeconomic analysis, including cost-benefit analysis, cost-effectiveness analysis, and multi-criteria analysis.

Conclusions :

This study presents a seven-step socioeconomic analysis guideline for chemical management, reflecting recent trends and social welfare evidence.

Key words :

OHSA, chemical regulation, socioeconomic analysis(SEA), guidelines, cost benefit analysis

부록

I. 산업안전보건법의 화학물질 관리수준 변화에 따른 사회경제성 분석 예시: A 화학물질의 관리수준 변경의 사회경제성 분석

- 이 예시는 사회경제성 분석 절차 및 과정을 보여주기 위한 예시로, 특정한 화학물질이 아닌 가상의 화학물질을 대상으로 정리한 것임
- 산업안전보건법 화학물질의 관리수준 변화에 따른 사회경제성 분석은 화학물질별로 건강 영향에 차이가 있을 뿐만 아니라 대상 사업장이 포함된 산업계의 특성도 차이가 있기에, 전형적인 분석틀이 고정되어 있다고 볼 수는 없습니다.
- 이 예시는 화학물질의 사회경제성 분석의 과정에 대한 이해를 돕기 위해 제시된 것입니다.

1. 목적 설정

1.1 사회경제성 분석의 배경

- 최근 연구에서 노출기준설정대상물질인 A 화학물질의 추가적인 발암 유해성이 밝혀짐에 따라 산업계의 A 화학물질의 제조 및 사용 현황을 고려할 때 관리수준 강화의 필요성이 대두하였음

1.2 사회경제성 분석의 목적

- 현재 노출기준설정대상물질인 A 화학물질을 관리대상유해물질로 관리수준 변경의 타당성을 검토하기 위해 사회경제성 분석을 수행하고자

함. 이를 위하여 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 근로자의 건강 영향을 고려한 편익 산정 및 산업계의 준수비용을 중심으로 한 사회적 비용 분석을 중심으로 한 비용편익분석을 기본적으로 수행하고자 함

1.3 사회경제성 분석의 특이사항

- A 화학물질의 발암 유해성이 근로자의 건강에 우려할 만한 영향을 미칠 수 있기에, 시급한 분석이 필요함

2. 범위 설정

2.1 기준선 시나리오의 정의

- 기준선 시나리오는 A 화학물질이 산업안전보건법의 노출기준설정대상 물질인 상황임
- 현재 A 화학물질은 용제로서 사용하고 있는 100개 사업장에 20,000명의 근로자가 작업하고 있음

2.2 대안 시나리오의 정의

- 대안 시나리오는 A 화학물질이 산업안전보건법의 관리대상유해물질로 지정되는 상황임
- 대안 시나리오에서는 A 화학물질을 용제로 사용하고 있는 100개의 사업장은 국소배기장치를 설치하여야 하는 상황임

2.3 분석 범위 설정

- 영향을 받는 산업계 및 시장은 주로 페인트 제조 및 사용 업계와 관련

- 된 공급망이라고 판단됨.
- 분석의 시간적 범위는 대안 시나리오에서 영향 유발 기간 3년 경과한 이후에 근로자의 건강 영향이 실현된다고 판단하여 33년(=영향 유발 기간 3년 + 영향 실현기간 30년)으로 함
- 분석의 공간적 범위는 영향을 받는 국내 산업계 사업장으로 한정함

3. 편익 분석

3.1 편익 항목 식별

- A 화학물질의 관리수준을 변경하면, 초과 발암성으로 인하여 근로자의 사망 위험을 감소시킬 수 있다고 판단함. 따라서 A 화학물질의 관리수준 변경의 주요 편익으로 근로자의 건강 편익 중 사망 위험 감소 편익이 있다고 판단함
- 최근 연구에서 A 화학물질의 초과 발암 위험성이 있다고 밝혀졌으므로, A 화학물질의 관리수준을 변경하면 대상 사업장의 추가 시설 설치(국소 배기장치)로 인하여 초과 발암 위험에 의한 사망 위험이 감소할 것으로 판단함
- 일반적으로 화학물질의 관리수준 변경은 근로자의 사망 위험 이외에 질병 위험도 변화시키지만, 여기서는 예시의 단순성을 위해 A 화학물질에 의한 다른 질병 위험은 없다고 가정함

3.2 편익 산정 방법

- 편익 산정 방법에는 건강 영향에 단위 편익을 곱하는 방식으로 산정할 수 있기에, 조기 사망자 수 감소의 단위 편익으로는 근로자의 통계적생명가치(VSL)을 적용함
- 이때 근로자의 통계적생명가치(VSL)는 대상 근로자의 조기 사망 위험

- 감소에 대한 지불의사금액(WTP)로부터 도출된 금액으로, 사전적으로 불특정 근로자의 조기 사망 위험 감소의 편익을 고려하는 추정값임
- 근로자의 통계적생명가치(VSL)는 신영철 등(2021)에서 「고용형태별근로실태조사」 및 「산업재해분석」 자료를 결합하여 헤도닉(특성) 임금 함수 모형을 적용하여 도출한 2020년 기준 근로자의 통계적생명가치(VSL) 16.42억원을 이용할 수 있음
 - 이 방식은 기존 연구에서 도출된 편익 추정치를 이용하는 방식으로 비시장재 가치측정법 중 편익이전법(BT)에 해당함
 - 만약 근로자의 통계적생명가치(VSL) 이외에 대상 근로자의 조기 사망자 수 감소의 단위 편익으로 적용을 검토할 수 있는 값으로는 산업재해 급여 분석 및 질병의 사회경제적 비용 결과를 결합하여 분석한 10.56억원을 적용할 수도 있음. 일반적으로 이 값은 근로자 조기 사망 감소의 하한값으로 민감도 분석에서 필요시 이용할 수 있음

3.3 편익 산정

- 최근 연구에 따르면, A 화학물질은 근로자가 작업장에서 1ppm에서 노출되면 연간 1.0×10^{-4} 의 초과 발암 위험성이 있고, 0.5 ppm에서 노출되면 연간 1.0×10^{-5} 의 초과 발암 위험성이 있다고 함

〈부표 I-1〉 A 화학물질의 농도별 연간 초과 발암 위험도(예시)

구분	1 ppm	0.5 ppm
연간 초과 발암 위험성	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-5}

- 현재 A 화학물질을 취급하는 사업장의 근로자는 1ppm 농도 수준에서 작업하고 있다고 파악되고 있으며, 대안 시나리오와 같이 관리수준이 변경되면 국소배기장치 설치로 인하여 0.5ppm 농도 수준으로 작업장

환경이 바뀐다고 함

- 따라서 A 화학물질의 관리수준 변경으로 인한 연간 초과 발암 위험성 (위해도)는 9.0×10^{-5} 만큼 감소함

〈부표 I -2〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연간 초과 발암 위험성 감소분

구분	기준선 시나리오	대안 시나리오	연간 초과 발암 위험성 감소분
A 화학물질의 사업장 농도	1 ppm	0.5 ppm	-
연간 초과 발암 위험성	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-5}	9.0×10^{-5}

- A 화학물질의 관리수준 변경으로 인하여 사업장에 국소배기장치의 설치로 인하여 사업장의 A 화학물질 농도 변화는 대상 사업장 근로자의 조기 사망자를 연간 1.80명 감소할 것으로 추정됨

〈부표 I -3〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연간 조기사망자 감소자 수

구분	대상 사업장수 (개)	대상 근로자 수 (명)	연간 발암 발생률 감소	연간 조기사망자 감소분 (명)
A 화학물질 관리수준 변경	100	20,000	9.0×10^{-5}	1.80

- A 화학물질의 관리수준 변경으로 인한 근로자의 조기 사망자 감소의 편익을 산정하기 위하여, 근로자의 통계적생명가치(VSL) 16.42억원을 적용함

〈부표 I -4〉 근로자의 통계적생명가치(VSL)

구분	평균	95% 하한값	95% 상한값
근로자의 통계적생명가치(VSL) (백만원, 2020년 기준)	1,642	1,563	1,721

- 따라서 A 화학물질을 취급하는 100개 사업장 20,000명의 근로자의 조기 사망 위험 감소 편익은 연간 28.19억원으로 평가됨

〈부표 I-5〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연간 편익

구분	대상 근로자 수(명)	연간 조기사망자 감소분(명)	근로자의 VSL(백만원)	연간 편익 (백만원)
A 화학물질 관리수준 변경	20,000	1.80	1,642	2,962

- A 화학물질 관리수준 변경 이후 3년이 경과한 이후부터 근로자의 조기 사망 감소가 발생한다는 결과를 반영하여, 2026년 이후 30년간의 편익을 집계하면 2022년말 기준으로 422.79억원 편익이 발생함

〈부표 I-6〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연도별 편익(백만원)

연도	편익	편익 현재가치	연도	편익	편익 현재가치
2026	2,962	2,484	2041	2,962	1,283
2027	2,962	2,377	2042	2,962	1,228
2028	2,962	2,274	2043	2,962	1,175
2029	2,962	2,177	2044	2,962	1,125
2030	2,962	2,083	2045	2,962	1,076
2031	2,962	1,993	2046	2,962	1,030
2032	2,962	1,907	2047	2,962	986
2033	2,962	1,825	2048	2,962	943
2034	2,962	1,747	2049	2,962	902
2035	2,962	1,671	2050	2,962	864
2036	2,962	1,599	2051	2,962	826
2037	2,962	1,531	2052	2,962	791
2038	2,962	1,465	2053	2,962	757
2039	2,962	1,402	2054	2,962	724
2040	2,962	1,341	2055	2,962	693
-			합계	88,859	42,279

4. 비용 분석

4.1 비용 항목 식별

- A 화학물질은 현재 노출기준설정물질이지만 관리대상유해물질로 관리 수준이 변경되면, 사업장에서는 국소배기장치의 설치가 불가피하다고 판단됨
- 국소배기장치를 설치하는 사업장은 국소배기장치의 설치비용은 대상 사업장의 국소배기장치 유무 또는 시설의 규모 등에 따라 설치비용에 큰 차이가 있을 것임. 따라서 실제 사회경제성 분석에서는 그와 같은 현실 상황을 반영할 수 있는 설치비용을 산정할 필요가 있음
- 여기서는 비용 산정 과정을 보여주기 위한 목적으로 단순히 100개의 모든 대상 사업장에서 국소배기장치를 새로 설치해서 운영해야 하는 상황이라고 가정함
- 산업계의 준수비용에 해당하는 사업장의 국소배기장치 설치비용 및 운영비용 이외에도 직접비용에 포함되는 정부행정비용, 사회적 후생손실 비용, 이전비용뿐만 아니라 간접비용도 검토해야 하지만, 여기서는 다른 비용은 발생하지 않는 것으로 가정함

4.2 비용 산정 방법

- 산업계의 준수비용은 시설(설치)비용과 운영비용으로 구분할 수 있고, 시설(설치)비용은 자본비용 또는 투자비용 또는 고정비용이라고 불림
- A 화학물질을 취급하는 대상 사업장의 국소배기장치 설치비용 및 운영비를 산정하기 위해서는 대상 사업장의 시설 현황 및 국소배기장치 설치 규모 등을 고려하여 함
- 이러한 대상 사업장별 특성을 반영한 시설(설치) 비용 및 운영비를 산정하기 위해서는 기존 조사 자료를 이용하거나 설문조사 또는 전문가 의견 조사 등의 비용 산정 방법을 검토할 수 있음

- 여기서는 설문조사 또는 전문가 의견 조사가 아닌 기존 연구인 김태윤 등(2014)에 제시되고 있는 국소배기장치의 설치 단가와 운영비를 이용하고자 함

4.3 비용 산정

- A 화학물질의 관리수준 변경으로 대상 사업장 100개소는 새로 국소배기장치를 설치하고 운영하는 상황임
- 국소배기장치의 시설(설치)비용과 운영비는 김태윤 등(2014)에 따르면, 다음과 같음

〈부표 I-7〉 사업장의 국소배기장치 설치비용 및 운영비용

구분	시설(설치)비용	운영비용
국소배기장치(백만원)	87.6	3.7

- 국소배기장치의 시설 수명은 10년이라고 가정하면, 국소배기장치의 연간화 비용은 할인율을 고려하지 않으면 8.8백만원(=87.8백만원/10)임
- A 화학물질의 관리수준 변경에 따른 사업장별 연간 비용은 시설(설치)의 연간화 비용에 운영비용의 합으로 연간 12.5백만원임

〈부표 I-8〉 사업장의 준수비용

구분	시설 설치의 연간비용	운영비	합계
연간 비용(백만원)	8.8	3.7	12.5

- 대상 사업장 100개소의 연간 총비용은 사업장별 준수비용 12.5백만원을 곱하면, 12.48백만원으로 예상됨

〈부표 I -9〉 산업계의 준수비용

구분	대상 사업장수 (개)	사업장별 준수비용(백만원)			총비용 (백만원)
		연간 시설 설치비	운영비	합계	
산업계 준수비용	100	8.8	3.7	12.5	1,248

- A 화학물질 관리수준 변경 이후 영향기간(영향 유발기간 및 실현기간)인 33년 동안 산업계의 준수비용을 집계하면 2022년말 기준으로 212.41억원 비용이 발생함

〈부표 I -10〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연도별 비용(백만원)

연도	비용	비용 PV	연도	비용	비용 PV
2023	1,248	1,194	2040	1,248	565
2024	1,248	1,143	2041	1,248	541
2025	1,248	1,093	2042	1,248	517
2026	1,248	1,046	2043	1,248	495
2027	1,248	1,001	2044	1,248	474
2028	1,248	958	2045	1,248	453
2029	1,248	917	2046	1,248	434
2030	1,248	877	2047	1,248	415
2031	1,248	840	2048	1,248	397
2032	1,248	803	2049	1,248	380
2033	1,248	769	2050	1,248	364
2034	1,248	736	2051	1,248	348
2035	1,248	704	2052	1,248	333
2036	1,248	674	2053	1,248	319
2037	1,248	645	2054	1,248	305
2038	1,248	617	2055	1,248	292
2039	1,248	590	합계	41,176	21,241

5. 비용편익분석

5.1 비용편익분석 개요

- 비용편익분석에서 활용하는 비용편익비(B/C), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR)의 산정 방식 정리
- 분석의 전제로 분석 시점은 전년 말 즉, 2022년 말로 하고, 사회적 할인율은 4.5%를 적용함

5.2 비용편익분석

- A 화학물질의 관리수준 변경은 2022년말 기준으로 근로자의 건강 편익으로 422.79억원의 편익 및 212.41억원의 비용이 발생함
- 그 결과 편익/비용 비율(B/C)는 1.99이고, 순현재가치는 210.38억원, 내부수익률은 33.39%임
- 따라서 A 화학물질의 관리수준 변경은 비용편익분석 결과에 따르면, 타당하다고 평가함

〈부표 I -11〉 비용편익분석 결과

편익		비용		B/C	NPV	IRR(%)
할인전	할인후	할인전	할인후			
88,859	42,279	41,176	21,241	1.99	21,038	33.39%

- A 화학물질의 관리수준 변경에 따른 분석 기간의 편익 및 비용의 연간 현황은 다음 표와 같음

〈부표 I-12〉 A 화학물질의 관리수준 변화로 인한 연도별 편익 및 비용(백만원)

연도	편익	편익 현재가치	비용	비용 현재가치	순편익 현재가치
2023			1,248	1,194	-1,194
2024			1,248	1,143	-1,143
2025			1,248	1,093	-1,093
2026	2,962	2,484	1,248	1,046	1,437
2027	2,962	2,377	1,248	1,001	1,376
2028	2,962	2,274	1,248	958	1,316
2029	2,962	2,177	1,248	917	1,260
2030	2,962	2,083	1,248	877	1,205
2031	2,962	1,993	1,248	840	1,153
2032	2,962	1,907	1,248	803	1,104
2033	2,962	1,825	1,248	769	1,056
2034	2,962	1,747	1,248	736	1,011
2035	2,962	1,671	1,248	704	967
2036	2,962	1,599	1,248	674	926
2037	2,962	1,531	1,248	645	886
2038	2,962	1,465	1,248	617	848
2039	2,962	1,402	1,248	590	811
2040	2,962	1,341	1,248	565	776
2041	2,962	1,283	1,248	541	743
2042	2,962	1,228	1,248	517	711
2043	2,962	1,175	1,248	495	680
2044	2,962	1,125	1,248	474	651
2045	2,962	1,076	1,248	453	623
2046	2,962	1,030	1,248	434	596
2047	2,962	986	1,248	415	570
2048	2,962	943	1,248	397	546
2049	2,962	902	1,248	380	522
2050	2,962	864	1,248	364	500
2051	2,962	826	1,248	348	478
2052	2,962	791	1,248	333	458
2053	2,962	757	1,248	319	438
2054	2,962	724	1,248	305	419
2055	2,962	693	1,248	292	401
합계	88,859	42,279	41,176	21,241	21,038

5.3 민감도 분석

- 민감도 분석에서는 분석 가정의 중요 가정 또는 결과에 영향을 미칠 수 있는 변수의 값 변화에 대해 민감도 분석을 수행할 수 있음
- 여기서는 일반적인 민감도 분석에서 수행하는 편익의 $\pm 10\%$, 20% 변화, 비용의 $\pm 10\%$, 20% 변화, 할인율의 변화에 대한 민감도 분석 결과를 다음 표에 제시함
- 민감도 분석 결과 편익이 20% 감소하는 경우는 B/C가 1.59로 가장 낮아지지만, 여전히 1 이상이므로 비용편익분석 결과에 변화가 없음

〈부표 I-13〉 비용편익분석의 민감도 분석 결과

구분	변화율(%)	총편익 현재가치	총비용 현재가치	B/C	NPV
편익	20%	50,734	21,241	2.39	29,494
	10%	46,507		2.19	25,266
	0%	42,279		1.99	21,038
	-10%	38,051		1.79	16,810
	-20%	33,823		1.59	12,582
비용	20%	42,279	25,489	1.66	16,790
	10%		23,365	1.81	18,914
	0%		21,241	1.99	21,038
	-10%		19,116	2.21	23,162
	-20%		16,992	2.49	25,286
할인율	6.5%	32,021	16,794	1.91	15,227
	5.5%	36,661	18,810	1.95	17,850
	4.5%	42,279	21,241	1.99	21,038
	3.5%	49,135	24,194	2.03	24,940
	2.5%	57,568	27,815	2.07	29,753

- 화학물질의 관리수준 변경에 따른 사회경제성 분석은 5단계까지 진행한 결과를 이용하여 규제영향분석 및 관련 의사결정 과정에 활용할 수 있음

- 사회경제성 분석의 6단계 및 7단계는 5단계까지의 결과에 6단계의 추가적인 정보를 고려한 의사결정을 하고자 할 때 진행하면 됨
- 따라서 이 연구에서 제안한 사회경제성 분석 6단계 및 7단계는 필요에 따라 선택적으로 수행 여부를 결정하였으면 함

〈부표 I-14〉 A 화학물질의 관리수준 변화에 대한 사회경제성 분석 요약

SEA 단계	소단계	내용 및 결과
1. 목적 설정	1.1 SEA 배경	• A 화학물질의 관리수준 변경(즉, 노출기준설정물질 → 관리대상유해물질)의 사회경제성 분석함
	1.2 SEA 목적	
	1.3 특이사항	
2. 범위 설정	2.1 기준선 시나리오 정의	• A 화학물질이 노출기준설정물질인 상황
	2.2 대안 시나리오 정의	• A 화학물질이 관리대상유해물질인 상황
	2.3 분석 범위의 설정	• A 화학물질 취급 국내 사업장 및 시장 대상, 영향기간 분석 고려
3. 편익 분석	3.1 편익 항목 식별	• 근로자의 건강 편익(사망 위험 감소 편익)
	3.2 편익 산정 방법	• 사망 위험의 단위 편익은 이전편익법 이용 산정
	3.3 편익 산정	• A 화학물질의 관리수준 변경으로 인한 사업장의 초과 발암 위험성 감소분 : 9.0×10^{-5} • 100개 사업장의 2만명 근로자의 경우 연간 초과 사망자 감소자 수 산정 : 1.80명 • 근로자의 통계적생명가치(VSL) 16.42억원 적용 • 대안 시나리오로 인한 건강 편익은 연간 29.62억원으로 30년 동안 2022년말 기준으로 402.45억원의 편익 발생

SEA 단계	소단계	내용 및 결과
4. 비용 분석	4.1 비용 항목 식별	A 화학물질 취급 대상 사업장의 준수비용(국소배기장치 설치비용 및 운영비용) 발생
	4.2 비용 산정 방법	사례별로 설문조사 및 전문가 조사 등이 적절하지만, 예시이므로 기존 연구의 설치 및 운영비 단가 이용
	4.3 비용 산정	- 사업장별 국소배기장치 설치비용 87.6백만원 및 연간 운영비 3.7백만원 적용 - 국소배기장치의 수명을 10년으로 가정하면, 국소배기장치의 연간화비용은 8.8백만원임 - 사업장별 준수비용은 12.5백만원(=시설의 연간화비용 8.8백만원+연간 운영비용 3.7백만원) - 산업계의 연간 준수비용은 12.48억원이고, 분석 기간 동안 총비용은 2022년말 기준으로 212.41억원임
5. 비용편익 분석	5.1 개요	분석 기준: 2022년말, 할인율 4.5%
	5.2 비용편익분석	$B/C = 1.89$, $NPV = 190.04$억원, $IRR = 31.22\%$ - 비용편익분석 결과에 따르면, A 화학물질의 관리수준 변경이 타당하다고 판단함
	5.3 민감도 분석	편익, 비용, 할인율 변화에 따른 분석 결과 비용편익분석 판단 결과에 변화 없음
6. 해외 관리수준 등 검토	6.1 해외 관리수준 검토	사회경제성 분석은 5단계까지의 내용으로 비용편익분석 결과로 타당성을 평가하는 수준에서 결론을 지을 수 있음. SEA의 6단계 및 7단계는 제시된 방식과 같이 진행하여도 되고, 다른 방식으로 의사결정할 수도 있음
	6.2 실현가능성 검토	
	6.3 기타 사회경제적 효과 검토	
7. 종합평가	7.1 개요	
	7.2 종합평가를 위한 분석	
	7.3 종합평가	

II. 298개 중분류 질병군의 사회경제적 비용

298개 질병군의 1인당 사회경제적 비용을 2020년 물가수준을 반영하여 신영철 등(2018)의 자료를 재산정한 신영철 등(2022)에 제시한 표로, 이 연구의 목적과 관련하여 부록에 포함한다.

〈부표 II-1〉 298개 중분류 질병군의 1인당 사회경제적 비용

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
1	콜레라	2,179	5	5	0	33	2,221
2	장티푸스 및 파라티푸스	1,731	285	122	0	453	2,592
3	시겔라증	467	80	36	0	81	662
4	아메바증	214	26	14	172	72	498
5	감염성 기원이라고 추정되는 설사와 위장염	117	16	9	4	35	180
6	기타 장관 감염성 질환	94	13	8	5	33	154
7	호흡기 결핵	2,085	371	161	2,994	651	6,261
8	기타 결핵	2,334	379	166	1,742	555	5,175
9	페스트	74	0	2	0	20	95
10	브루셀라증	3,399	592	255	0	2,281	6,527
11	나병 [한센병]	475	317	130	18	66	1,006
12	신생아 파상풍	133	0	2	0	67	202
13	기타 파상풍	1,119	152	56	16	290	1,633
14	디프테리아	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15	백일해	291	61	27	0	16	394
16	수막구균 감염	1,688	228	102	25,863	159	28,038
17	패혈증	3,787	702	295	4,510	351	9,646
18	기타 세균성 질환	241	25	14	35	53	369
19	선천 매독	1,232	153	63	0	47	1,495
20	조기 매독	147	6	6	0	84	243
21	기타 매독	179	17	11	0	105	312
22	임균 감염	129	4	5	0	88	226
23	성행위로 전파되는	83	1	3	0	58	145

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
	클라미디아 질환						
24	기타 주로 성행위로 전파되는 감염	103	1	3	0	56	163
25	재귀열	113	10	6	0	14	142
26	트라코마	63	0	2	0	36	101
27	발진티푸스	956	228	98	111	229	1,623
28	급성 회백수염	1,676	598	264	0	1,454	3,992
29	광견병	358	0	3	0	52	413
30	바이러스 뇌염	5,027	694	294	14,051	1,301	21,367
31	황열	182	0	2	0	0	183
32	기타 절지동물 매개의 바이러스열 및 바이러스 출혈열	1,623	219	93	5,185	363	7,484
33	헤르페스바이러스 감염	62	2	3	3	35	105
34	수두	222	24	15	1	91	352
35	홍역	293	46	21	0	34	394
36	풍진	116	8	5	0	33	163
37	급성 B형 간염	335	22	12	202	104	676
38	기타 바이러스 간염	965	18	14	332	202	1,531
39	인체 면역결핍 바이러스 질환	15,286	190	90	6,254	908	22,729
40	볼거리	209	37	18	0	26	291
41	기타 바이러스 질환	120	8	7	9	27	170
42	진균증	99	1	4	3	62	169
43	말라리아	573	96	42	0	233	944
44	리슈마니아증	593	0	16	0	600	1,209
45	트리파노소마증	338	48	28	0	276	690
46	주혈흡충증	32	0	2	0	28	62
47	기타 흡충 감염	251	76	35	0	266	629
48	포낭충증	2,083	77	36	0	158	2,353
49	메디나충증	64	0	2	0	22	87
50	회선사상충증	46	0	2	0	24	71
51	사상충증	75	0	2	0	24	101
52	구충 질환	11	0	2	0	16	29
53	기타 윤충증	108	9	6	0	45	168
54	결핵의 후유증	385	41	21	932	106	1,483
55	회색질척수염의 후유증	810	279	127	165	587	1,968

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
56	나병의 후유증	646	124	61	0	45	875
57	기타 감염성 및 기생충성 질환	122	6	6	46	49	230
58	입술, 구강 및 인두의 악성신생물	7,928	673	300	13,530	1,472	23,903
59	식도의 악성신생물	10,464	1,034	450	18,881	1,669	32,499
60	위의 악성신생물	4,094	436	191	7,568	707	12,995
61	결장의 악성신생물	5,706	595	258	5,380	711	12,651
62	직장S상결장 접합부, 직장, 항문과 항문관의 악성신생물	6,171	575	252	5,805	936	13,739
63	간 및 간내담관의 악성신생물	10,271	810	352	30,499	1,554	43,485
64	췌장의 악성신생물	11,831	1,449	619	34,579	1,738	50,216
65	기타 소화기관의 악성신생물	8,948	1,015	434	12,854	962	24,213
66	후두의 악성신생물	5,508	519	233	3,454	850	10,564
67	기관, 기관지 및 폐의 악성신생물	10,211	978	422	17,708	1,157	30,476
68	기타 호흡기와 흉곽 내 기관의 악성신생물	6,911	619	271	18,577	1,263	27,642
69	뼈와 관절연골의 악성신생물	6,839	802	347	17,483	1,099	26,570
70	피부의 악성흑색종	5,257	602	266	13,171	772	20,067
71	기타 피부의 악성신생물	2,080	364	160	1,216	240	4,061
72	중피성 및 연조직의 악성신생물	7,646	750	326	16,484	1,164	26,370
73	유방의 악성신생물	5,809	450	204	2,411	760	9,634
74	자궁경의 악성신생물	4,393	440	196	4,155	551	9,735
75	기타 및 상세불명의 자궁부위의 악성신생물	3,889	409	181	2,378	502	7,359
76	기타 여성생식기관의 악성신생물	7,494	945	402	5,708	1,033	15,582
77	전립선의 악성신생물	3,637	259	119	760	245	5,019
78	기타 남성생식기관의 악성신생물	2,368	218	101	6,935	571	10,193
79	방광의 악성신생물	3,855	419	186	2,404	444	7,309
80	기타 요도의 악성신생물	4,208	353	155	6,252	598	11,566
81	눈 및 눈부속기의 악성신생물	3,233	250	112	3,249	280	7,125
82	뇌의 악성신생물	11,775	1,504	632	36,516	2,311	52,739
83	기타 중추신경계의	6,181	1,223	504	11,030	1,766	20,706

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
	악성신생물						
84	기타, 부위불명, 속발성, 상세불명 및 다발성 부위의 악성신생물	1,427	100	49	329	232	2,138
85	호지킨병	6,112	446	201	5,504	996	13,259
86	비호지킨 림프종	11,752	799	347	13,336	1,306	27,539
87	백혈병	21,880	1,064	457	26,202	1,673	51,276
88	기타 림프, 조혈 및 관련조직의 악성신생물	15,612	804	352	6,987	1,079	24,835
89	자궁경부의 상피내 암종	567	35	20	0	118	740
90	피부의 양성신생물	135	3	5	0	60	203
91	유방의 양성신생물	145	12	8	0	55	219
92	자궁의 평활근종	668	44	21	1	112	846
93	난소의 양성신생물	798	53	25	4	110	991
94	비뇨기관의 양성신생물	565	30	16	0	90	701
95	뇌 및 기타 중추신경계의 양성신생물	2,651	279	120	572	445	4,067
96	기타 상피내, 양성신생물 및 행동양식 불명 및 미상의 신생물	702	47	24	120	126	1,020
97	철 결핍성 빈혈	126	7	6	0	45	184
98	기타 빈혈	613	32	17	290	64	1,016
99	출혈성 병태와 혈액 및 조혈기관의 기타 질환	3,427	61	31	625	125	4,269
100	면역기전을 침범하는 특정 장애	1,397	111	54	1,818	245	3,625
101	요오드결핍과 관련된 갑상선 장애	213	1	6	0	76	296
102	갑상선 중독증	390	7	11	35	153	596
103	기타 갑상선 장애	221	3	6	6	71	308
104	당뇨병	822	65	40	283	245	1,455
105	영양실조	392	95	43	2,143	125	2,799
106	비타민A 결핍증	93	0	4	0	54	151
107	기타 비타민 결핍증	222	39	22	41	152	475
108	영양실조 및 기타 영양결핍증의 후유증	235	87	40	0	122	484

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
109	비만	92	1	4	63	57	216
110	용적체액상실	88	12	7	52	28	188
111	기타 내분비, 영양 및 대사 질환	341	9	9	82	77	519
112	치매	5,025	2,908	1,212	64	464	9,673
113	알콜 사용에 의한 정신 및 행동장애	5,429	4,199	1,773	4,053	11,849	27,303
114	기타 정신활성물질 사용에 의한 정신 및 행동장애	640	156	69	90	420	1,375
115	정신분열증, 분열형 및 망상성 장애	6,676	4,832	2,064	145	11,587	25,304
116	기분(정동성)장애	730	168	84	3	503	1,488
117	신경증적, 스트레스와 관련된 신체형 장애	289	18	16	0	158	482
118	정신 지연	3,899	3,101	1,324	515	7,487	16,327
119	기타 정신 및 행동장애	469	131	63	14	296	975
120	중추신경계의 염증성 질환	2,107	372	157	1,928	435	5,000
121	파킨슨병	5,603	2,067	841	692	548	9,751
122	알츠하이머병	1,579	496	211	671	83	3,040
123	다발성 경화증	7,460	710	301	1,765	1,512	11,748
124	간질	1,495	161	77	1,450	418	3,599
125	편두통 및 기타 두통 증후군	175	9	9	0	82	275
126	일과성 대뇌 허혈성 발작 및 관련 증후군	720	73	36	1	121	951
127	신경, 신경근 및 신경총 장애	395	32	24	0	189	639
128	뇌성마비 및 기타 마비성 증후군	11,508	4,183	1,671	1,503	5,634	24,499
129	기타 신경계의 질환	572	103	49	409	219	1,352
130	눈꺼풀의염증	66	0	3	0	38	107
131	결막염 및 기타 결막의 장애	64	0	3	0	32	99
132	각막염 및 각막과 공막의 기타 장애	83	0	3	0	42	129
133	백내장 및 수정체의 기타 장애	595	21	14	0	51	680
134	망막박리와 망막의 결함	605	26	15	0	125	772
135	녹내장	267	1	6	0	67	341
136	사시	210	8	7	0	18	242

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
137	굴절 및 조절 장애	64	0	2	0	19	86
138	실명 및 저시력	210	32	18	0	79	338
139	기타 눈 및 눈부속기의 질환	182	2	5	0	52	240
140	중이염과 중이 및 유양돌기 장애	148	4	8	1	40	201
141	난청	196	7	7	0	57	267
142	기타 귀 및 유양돌기 질환	114	5	6	0	60	186
143	급성 류마티스열	763	33	22	0	96	914
144	만성 류마티스 심장 질환	1,855	89	44	455	160	2,604
145	본태성(원발성)고혈압	559	24	23	8	178	791
146	기타 고혈압성 질환	555	35	23	146	103	863
147	급성 심근경색증	3,982	175	79	10,645	282	15,163
148	기타 허혈성 심장질환	1,262	58	31	516	128	1,995
149	폐색전증	2,718	412	177	2,364	248	5,919
150	전도장애 및 심장성 부정맥	1,122	62	32	2,294	119	3,629
151	심부전	1,379	248	110	915	105	2,756
152	기타 심장질환	2,186	152	69	3,023	207	5,637
153	뇌내출혈	8,863	2,134	871	14,024	3,083	28,975
154	뇌경색증	3,417	959	397	468	687	5,926
155	출혈 또는 경색으로 명시되지 않은 졸중	1,705	593	250	984	352	3,883
156	기타 뇌혈관 질환	2,498	786	324	725	734	5,067
157	죽상 경화증	975	76	37	67	119	1,274
158	기타 말초혈관 질환	250	18	12	5	74	359
159	동맥 색전증 및 혈전증	1,844	217	95	666	218	3,039
160	기타 동맥, 소동맥 및 모세혈관의 질환	2,961	153	69	1,878	199	5,259
161	정맥염, 혈전정맥염, 정맥색전증 및 혈전증	897	108	50	291	164	1,511
162	하지의 정맥류	332	28	16	4	119	498
163	치핵	473	43	22	0	170	709
164	기타 순환기계 질환	340	36	18	74	90	558
165	급성 인두염 및 급성 편도염	72	2	5	0	39	119
166	급성 후두염 및 기관염	62	1	4	0	40	106
167	기타 급성 상기도 감염	81	1	5	0	41	128
168	인플루엔자	161	36	17	25	36	275

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
169	폐렴	686	150	67	296	85	1,284
170	급성 기관지염 및 급성 세기관지염	112	3	7	1	45	167
171	만성 부비동염	127	3	6	0	55	191
172	기타 코 및 비동의 질환	90	1	5	0	45	141
173	편도 및 아데노이드의 만성 질환	154	11	8	0	47	220
174	기타 상기도의 질환	87	3	5	1	49	144
175	기관지염, 폐기종 및 기타 만성 폐쇄성 폐질환	150	20	12	39	59	279
176	천식	191	20	14	14	49	288
177	기관지확장증	484	45	24	127	86	766
178	진폐증	468	81	37	3,220	71	3,876
179	기타 호흡기계 질환	409	47	23	185	73	738
180	치아우식증	106	0	3	0	32	141
181	치아 및 지지구조의 기타 장애	269	0	5	0	84	358
182	기타 구강, 타액선 및 턱의 질환	94	3	4	0	38	140
183	위 및 십이지장궤양	211	10	8	20	71	319
184	위염 및 십이지장염	106	1	4	0	45	156
185	기타 식도, 위 및 십이지장 질환	189	3	6	2	71	271
186	충수의 질환	3,229	203	88	35	340	3,896
187	서혜 헤르니아	1,901	123	56	4	222	2,305
188	기타 헤르니아	1,252	119	53	181	166	1,771
189	크론병 및 궤양성 대장염	2,968	87	46	115	312	3,527
190	헤르니아가 없는 마비성 장폐색증 및 장관폐쇄	1,084	157	68	558	176	2,043
191	장의 게실성 질환	1,156	139	61	8	320	1,684
192	기타 장 및 복막의 질환	202	8	6	18	52	287
193	알콜성 간질환	1,374	204	91	11,730	687	14,085
194	기타 간질환	468	32	17	583	129	1,230
195	담석 등 및 담낭염	3,016	234	102	108	309	3,768
196	급성 췌장염 및 기타 췌장의 질환	1,707	201	89	1,224	563	3,784
197	기타 소화기계의 질환	914	75	35	429	137	1,590

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
198	피부 및 피하조직의 감염	97	7	7	3	59	172
199	기타 피부 및 피하조직의 질환	108	3	6	1	67	185
200	류마티오이드 관절염 및 기타 염증성 다발성 관절병증	338	17	14	5	111	486
201	관절증	569	43	30	0	127	769
202	사지의 후천성 변형	667	127	58	0	210	1,062
203	관절의 기타 장애	303	34	22	1	149	509
204	전신성 결합조직의 장애	1,391	106	53	715	236	2,501
205	요추 및 기타 추간판장애	501	72	39	0	298	911
206	기타 배병증	505	29	28	1	215	778
207	연부조직 장애	279	13	16	3	180	490
208	뼈밀도 및 구조장애	300	16	13	1	38	368
209	골수염	3,106	726	313	318	1,296	5,759
210	기타 근골격계 및 결합조직의 기타 장애	706	91	45	2	225	1,068
211	급성 및 급속진행성 신염증후군	332	32	17	29	70	480
212	기타 사구체 질환	586	25	16	91	122	840
213	신세뇨관-간질성 질환	820	141	63	45	144	1,213
214	신부전증	13,199	592	310	1,562	1,630	17,294
215	요로결석증	1,168	32	18	11	156	1,385
216	방광염	104	3	5	0	44	156
217	기타 비뇨기계의 질환	287	24	14	18	80	423
218	전립선의 비대	403	8	11	0	112	534
219	전립선의 기타 장애	232	5	8	1	174	419
220	음낭수류 및 정액류	547	50	25	0	130	752
221	과장포피, 포경 및 감돈포경	88	4	4	0	15	111
222	남성생식기관의 기타 질환	116	7	6	20	74	223
223	유방의 장애	94	3	4	0	40	142
224	난관염 및 난소염	422	42	21	0	112	597
225	자궁경부의 염증성 질환	73	0	3	0	44	120
226	기타 여성 골반내 장기의 염증성 질환	92	3	5	0	54	154
227	자궁내막증	726	43	22	4	127	922
228	여성생식기 탈출	1,041	107	49	0	79	1,276
229	난소, 난관 및 광인대의	584	39	19	4	86	732

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
	비염증성 장애						
230	월경장애	61	0	3	0	40	103
231	폐경기 및 기타 폐경기전후 장애	135	0	5	0	57	198
232	여성불임증	226	1	9	0	146	381
233	기타 비노생식기로의 장애	141	4	5	0	53	204
234	자연유산	163	9	7	0	62	241
235	의학적 유산	485	56	26	0	122	689
236	기타 유산된 임신	522	30	17	0	121	690
237	임신, 출산 및 산욕의부종, 단백뇨 및 고혈압성 장애	1,412	162	71	190	297	2,131
238	전치태반, 태반 조기박리 및 분만 전 출혈	2,498	281	121	164	473	3,537
239	기타 태아와 양막강 및 가능한 분만문제와 관련된 산모관리	1,681	204	88	4	354	2,331
240	난산	2,723	332	140	0	519	3,714
241	분만 후 출혈	1,162	64	29	489	135	1,879
242	기타 임신과 분만의 합병증	1,308	167	73	10	299	1,858
243	단일 자연분만	1,687	164	69	0	258	2,177
244	달리 분류되지 않은 주로 산욕기에 관련된 합병증 및 기타 산과적 병태	109	6	6	88	58	267
245	모성요인과 임신, 출산 및 분만의 합병증에 의해 영향을 받은 태아 및 신생아	828	208	84	0	4	1,124
246	태아 발육지연, 태아 영양실조와 단기임신 및 저체중 출산과 관련된 장애	9,113	723	300	1,880	1	12,016
247	출산 외상	468	49	24	1,981	8	2,531
248	자궁내 저산소증 및 출산질식	4,831	546	225	31,875	228	37,705
249	주산기에 기원한 기타 호흡기 장애	7,088	549	237	16,979	9	24,863
250	선천성 감염 및 기생충성 질환	2,232	270	112	27,726	4	30,344
251	출생전후기에 특이한 기타감염	61	4	4	41	0	111
252	태아 및 신생아의 용혈성 질환	591	83	35	0	2	712

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
253	기타 출생전후기에 기원한 병태	274	50	23	1,672	1	2,020
254	이분척추증	1,286	91	48	332	109	1,866
255	기타 신경계의 선천성 기형	1,799	234	108	4,617	177	6,935
256	순환기계의 선천성 기형	2,491	95	44	3,073	104	5,808
257	구순 및 구개열	835	91	42	101	26	1,096
258	소장의 결여, 폐쇄 및 협착	7,949	532	227	4,829	14	13,551
259	기타 소화기계의 선천성 기형	509	35	17	307	19	887
260	정류고환	612	32	17	0	18	679
261	기타 비뇨생식기계의 기형	581	37	20	219	61	918
262	고관절의 선천성 변형	326	39	18	0	24	406
263	발의 선천성 변형	263	24	13	0	41	342
264	기타 근골격계의 선천성 기형 및 변형	810	62	31	1,171	51	2,124
265	기타 선천성 기형	675	43	23	973	73	1,787
266	달리 분류되지 않은 염색체 이상	2,328	192	99	9,783	281	12,683
267	복부 및 골반 동통	147	4	5	0	43	198
268	원인미상 열	156	14	8	0	25	203
269	노쇠	1,858	865	363	9,975	59	13,119
270	기타 달리 분류되지않은 증상, 징후와 임상 및 검사상 이상소견	227	12	9	350	58	656
271	두개골 및 안면골의 골절	183	19	11	703	88	1,004
272	목, 흉곽 또는 골반의 골절	1,108	358	154	502	335	2,458
273	대퇴골의 골절	5,543	1,557	644	228	526	8,498
274	기타 사지뼈의 골절	901	175	83	10	377	1,546
275	다발성 신체부위를 침범하는 골절	1,433	361	155	1,183,528	380	1,185,858
276	명시된 다발성 신체부위의 탈구, 염좌 및 긴장	246	21	17	1	188	473
277	눈 및 안와의 손상	113	4	5	0	58	180
278	두개내 손상	1,326	258	109	4,042	383	6,118
279	기타 내부장기의 손상	3,216	367	156	26,445	697	30,882
280	명시된 다발성 신체부위의 압제손상 및 외상성 절단	483	100	47	296	330	1,256

구분	질병군명	진료비 (천원)	간병 (천원)	교통 (천원)	조기 사망 (천원)	생산성 손실 (천원)	총비용 (천원)
281	명시된 상세불명 및 다발성 신체부위의 기타 손상	200	18	13	479	115	825
282	자연개구를 통해 들어온 이물의 효과	72	1	3	77	44	197
283	화상 및 부식	342	30	19	204	125	720
284	약물 및 생물학적 물질에 의한 중독	1,004	128	55	6,656	169	8,011
285	주로 비의약용 물질의 중독작용	284	32	15	18,425	80	18,836
286	학대 증후군	313	6	6	0	32	356
287	기타 및 상세불명 외인의 영향	133	8	6	21,872	50	22,070
288	달리 분류되지 않은 외상의 특정 조기 합병증과 외과적 및 내과적 처치의 합병증	404	56	26	321	104	911
289	손상, 중독 및 외인의 기타 결과의 후유증	883	289	129	2,022	537	3,860
290	검사 및 조사를 위해 보건서비스와 접하고 있는 사람	132	3	4	0	31	169
291	무증상 인체 면역결핍 바이러스 감염 상태	3,327	41	21	0	140	3,528
292	기타 전염성 질환과 관련되어 건강위험의 가능성이 있는 사람	165	1	3	0	6	175
293	피임관리	62	0	2	0	30	94
294	출산 전 선별검사 및 기타 임신의 관리	346	3	13	0	196	558
295	출산장소에 따른 출생영아	307	217	89	0	0	612
296	분만 후 간호 및 검사	37	0	2	0	39	79
297	특수처치 및 건강보호를 위하여 보건서비스와 접하고 있는 사람	536	50	23	0	99	708
298	기타 이유로 보건서비스와 접하고 있는 사람	701	18	12	0	78	809

출처: 신영철 등(2022), 173~185쪽

연구진

연구기관 : 대진대학교 산학협력단

연구책임자 : 신영철 (교수, 대진대학교)

연구원 : 김정수 (소장, 환경안전건강연구소)

연구원 : 이규명 (회원, 한국환경경제학회)

연구기간

2023. 03. 23. ~ 2023. 10. 31.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2023년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

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

산업안전보건연구원장

산업안전보건법의 화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 지침 개발
(2023-산업안전보건연구원-597)

발 행 일 : 2023년 11월 30일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 대전대학교 교수 신영철

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 052-703-0000

팩 스 : 052-703-0000

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

I S B N : 979-11-92782-83-6

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체