

발 간 등 록 번 호

11-1352000-000000-00

정책보고서 2020-

석면피해자 발생 및 기금소요 추계 개선 연구



고속자

고제이 · 오미애 · 이아영 · 노수련 · 황안나

【책임연구자】

고숙자 한국보건사회연구원 연구위원

【주요저서】

시스템 접근을 통한 보건의료재정 분석 및 전망

보건복지부·한국보건사회연구원, 2019(공저)

초고령사회 대응을 위한 치매의 사회적 부담과 예방 및 관리 방안

한국보건사회연구원, 2016(공저)

【공동연구진】

고제이 한국보건사회연구원 사회보장재정연구단장

오미애 한국보건사회연구원 연구위원

이아영 한국보건사회연구원 부연구위원

노수련 고신대학교 교수

황안나 한국보건사회연구원 연구원

제출문 <<

환경부장관 귀하

본 보고서를 귀부와 용역계약(2019. 11. 20.)한 「석면피해자 발생 및 기금소요 추계 개선 연구」 연구 결과로 제출합니다.

2020년 5월

한국보건사회연구원 원장

조 흥 식

목 차

요 약	1
제1장 서 론	11
제1절 연구의 필요성 및 목적	13
제2절 연구 내용 및 방법	15
제2장 석면피해자 발생 예측 연구 사례	17
제1절 석면피해자 발생 예측 및 건강피해에 대한 선행 연구	19
제2절 발생자수 예측 및 잠복기간 관련 국내외 선행 연구 고찰	42
제3절 석면피해자 발생 및 기금 소요 예측에 대한 선행 연구	56
제3장 석면피해 발생자수 및 잠복기간 분석	73
제1절 석면피해 인정자 현황	75
제2절 석면피해자의 질병 발생에 대한 잠복기간 분석	78
제3절 VECM 적용한 석면피해 발생자수 예측 결과	86
제4절 석면피해자의 사망확률 분석	99
제4장 모형개발 및 구제급여 소요액 전망	101
제1절 석면피해자 구제급여 소요액 전망 모형	103
제2절 모형의 투입 변수	114
제3절 기본 모형 분석 결과	135
제4절 시나리오의 구성	144
제5절 시나리오 분석 결과	155
제6절 특별유족 인정 및 급여 전망	163
제7절 석면피해 구제급여 지출 종합	173

제5장 석면피해구제분담금 수입액 전망	181
제1절 석면피해구제분담금 수입액 전망 방법	183
제2절 석면피해구제분담금 수입액 전망 결과	190
 제6장 결 론	193
제1절 석면피해 구제급여 지출 및 분담금 수입 전망	195
 참고문헌	201
 부록: 석면피해 발생자수 전망	205

표 목차

〈표 2-1〉 일반화된 포아송 회귀 모델(GPR)을 사용한 석면 관련 질병의 사망 예측	40
〈표 2-2〉 석면에 최초 노출된 이후 흉막암, 복막암의 발생 건수, 사망률 및 관찰 인년 (시간순 계층화)	43
〈표 2-3〉 성·연령별 대만 내 악성중피종 발생 건수, 조발생률, 연령적응률, 누적발생률 (1979-2013) ...	45
〈표 2-4〉 25-45년의 잠복기간의 모델 적합도	46
〈표 2-5〉 이탈리아 석면 코호트 연구 계산 결과	49
〈표 2-6〉 석면 수입량 관련 성별 악성중피종, 석면폐증, 폐섬유화로 인한 연간 사망자수 회귀분석 결과	51
〈표 2-7〉 석면 사용량을 기준으로 한 악성중피종 발생 추정치	57
〈표 2-8〉 현행 기준 적용 시 연간 석면구제법 대상자 수 추정치(사망자 제외)	59
〈표 2-9〉 악성중피종 발생 시계열 분석	60
〈표 2-10〉 연구방법 요약	61
〈표 2-11〉 악성중피종 발생자수	62
〈표 2-12〉 악성중피종 발생자수 예측을 위한 모형 분석 및 결과: 영국의 경우	63
〈표 2-13〉 악성중피종 발생자수 예측을 위한 모형 분석 및 결과: 우리나라의 경우	64
〈표 2-14〉 우리나라의 악성중피종 발생자수 예측 결과	65
〈표 2-15〉 악성중피종 발생자수 및 인정자수 추계 결과	65
〈표 2-16〉 우리나라의 석면피해구제급여 적용 대상 악성중피종 신규 인정자수 예측 결과	66
〈표 2-17〉 석면 피해지역에 대한 석면폐증 환자수	66
〈표 2-18〉 석면폐증 인정자수 추계	67
〈표 2-19〉 석면폐암 발생자수 예측	69
〈표 2-20〉 악성중피종 및 폐암 유병률 추이	70
〈표 2-21〉 석면피해 인정자(악성중피종 및 석면폐암) 연도별 인정자 및 인정률 현황	70
〈표 2-22〉 2019-2023년 석면피해 추계 인정자수 (악성중피종 및 석면폐암)	71
〈표 2-23〉 선행연구에서의 석면피해자 발생자수 예측 결과	72
〈표 3-1〉 「석면 노출정보 확인 질문서」의 내용	75
〈표 3-2〉 「석면피해자 관리용 DB」의 변수 및 내용	76
〈표 3-3〉 우리나라 석면 피해자 현황: 특별유족 포함	77
〈표 3-4〉 우리나라 석면 피해자 현황: 특별유족 제외	77
〈표 3-5〉 잠복기간을 찾기 위한 모델별 AIC 비교(악성중피종(암등록통계))	82
〈표 3-6〉 잠복기간을 찾기 위한 모델별 AIC 비교(악성중피종(석면피해 인정현황))	83
〈표 3-7〉 잠복기간을 찾기 위한 모델별 AIC 비교(폐암)	84

〈표 3-8〉 잠복기간을 찾기 위한 모델별 AIC 비교(석면폐증)	85
〈표 3-9〉 요한슨 검정 결과: 악성중피종(40세~69세) 잠재기간 36년의 경우	93
〈표 3-10〉 요한슨 검정 결과: 악성중피종(70세 이상) 잠재기간 36년의 경우	93
〈표 3-11〉 원발성 악성중피종 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과	94
〈표 3-12〉 요한슨 검정 결과: 원발성 폐암(40세~69세) 잠재기간 36년의 경우	94
〈표 3-13〉 요한슨 검정 결과: 원발성 폐암(70세 이상) 잠재기간 36년의 경우	95
〈표 3-14〉 원발성 폐암 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과	95
〈표 3-15〉 석면폐증 1급 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과	96
〈표 3-16〉 석면폐증 2급 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과	97
〈표 3-17〉 석면폐증 3급 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과	98
〈표 3-18〉 석면피해 사망자의 피해인정 이후의 생존기간 분포	99
〈표 3-19〉 석면피해자 사망확률 분석 결과: 로짓 회귀모형 적용	100
〈표 3-20〉 석면피해자의 질병별 사망확률	100
〈표 4-1〉 구제급여 종류	108
〈표 4-2〉 요양생활수당	109
〈표 4-3〉 특별유족조위금	109
〈표 4-4〉 마르코프 상태 및 전이 매트릭스	111
〈표 4-5〉 마르코프 상태별 구제 급여	112
〈표 4-6〉 악성중피종 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년	114
〈표 4-7〉 악성중피종 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년	115
〈표 4-8〉 악성중피종 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년	115
〈표 4-9〉 폐암 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년	116
〈표 4-10〉 폐암 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년	117
〈표 4-11〉 폐암 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년	117
〈표 4-12〉 석면폐증1급 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년	118
〈표 4-13〉 석면폐증1급 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년	119
〈표 4-14〉 석면폐증 1급 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년	119
〈표 4-15〉 석면폐증 2급 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년	120
〈표 4-16〉 석면폐증 2급 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년	121
〈표 4-17〉 석면폐증 2급 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년	121
〈표 4-18〉 석면폐증 3급 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년	122

〈표 4-19〉 석면폐증 3급 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년	123
〈표 4-20〉 석면폐증 3급 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년	123
〈표 4-21〉 최근 3년간 인정자의 등급별 전이 확률: 59세 이하	124
〈표 4-22〉 최근 3년간 인정자의 등급별 전이 확률: 60-69세	125
〈표 4-23〉 최근 3년간 인정자의 등급별 전이 확률: 70-79세	125
〈표 4-24〉 최근 3년간 인정자의 등급별 전이 확률: 80세 이상	125
〈표 4-25〉 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외	127
〈표 4-26〉 질환별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외	127
〈표 4-27〉 악성종피종의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외	128
〈표 4-28〉 석면폐암의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외	129
〈표 4-29〉 석면폐증 1급의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외	129
〈표 4-30〉 석면폐증 2급의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외	130
〈표 4-31〉 석면폐증 3급의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외	131
〈표 4-32〉 악성종피종의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년	132
〈표 4-33〉 석면폐암의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년	132
〈표 4-34〉 석면폐증 1급의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년	133
〈표 4-35〉 석면폐증 2급의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년	134
〈표 4-36〉 석면폐증 3급의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년	134
〈표 4-37〉 40-49세 코호트 변화	137
〈표 4-38〉 50-59세 코호트 변화	138
〈표 4-39〉 60-69세 코호트 변화	140
〈표 4-40〉 70-79세 코호트 변화	141
〈표 4-41〉 80세 이상 코호트 변화	142
〈표 4-42〉 마르코프 시뮬레이션 모형에 따른 발생자수 변화: 기본 모형의 경우	143
〈표 4-43〉 코호트 변화: 기본모형의 경우	144
〈표 4-44〉 원발성 악성종피종 발생자수 예측 결과를 반영	146
〈표 4-45〉 악성종피종 발생자수 현황	147
〈표 4-46〉 미발견 악성종피종 발생자수	148
〈표 4-47〉 폐암 발생자수 예측 결과를 반영	149
〈표 4-48〉 원발성 폐암 발생자수 현황	150
〈표 4-49〉 석면폐증 1급 발생자수 예측 결과를 반영	152

〈표 4-50〉 석면폐증 2급 발생자수 예측 결과를 반영	153
〈표 4-51〉 석면폐증 3급 발생자수 예측 결과를 반영	155
〈표 4-52〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 악성중피종	156
〈표 4-53〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 악성중피종	157
〈표 4-54〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 폐암	158
〈표 4-55〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 석면폐증 1급	159
〈표 4-56〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 석면폐증 2급	160
〈표 4-57〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 석면폐증 3급	161
〈표 4-58〉 유효기간 갱신기준 완화에 따른 시나리오 분석	162
〈표 4-59〉 특별유족 인정 현황	164
〈표 4-60〉 특별유족조위금 및 특별장의비 급여지출 현황: 지급 건당	165
〈표 4-61〉 특별유족조위금 및 특별장의비 급여지출 현황: 일인당	167
〈표 4-62〉 특별유족조위금 및 특별장의비 전망 결과	172
〈표 4-63〉 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 따른 질병별 유병 인구(누적 인정자) 수 전망	175
〈표 4-64〉 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 따른 질병별 신규 발생자수 전망	176
〈표 4-65〉 벡터오차수정모형을 통한 신규 발생자수의 증감률	176
〈표 4-66〉 석면폐해 발생자수 전망을 반영한 질병별 유병 인구(누적 인정자) 수 전망	177
〈표 4-67〉 석면폐해 발생자수 전망을 반영한 질병별 신규 발생자수 전망	178
〈표 4-68〉 구제급여 전망: 기본 모형 적용	178
〈표 4-69〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망: 신규 발생자수 전망 결과를 반영	179
〈표 5-1〉 석면피해구제분담금 수입 세부 현황	185
〈표 5-2〉 취업자 및 상용임금근로자 규모 추이	187
〈표 5-3〉 사업체 규모별 사용근로자 점유비(2018)	188
〈표 5-4〉 사업체 규모별 사용임금총액	188
〈표 5-5〉 법정분담금 수입 전망(현행 유지)	191
〈표 5-6〉 법정분담금률 조정안에 따른 수입전망(2021년 인상 가정)	192
〈표 6-1〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망	195
〈표 6-2〉 법정분담금 수입전망	196
〈표 6-3〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망: 수입전망(중위)	197
〈표 6-4〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망: 수입전망(저위)	197
〈표 6-5〉 석면피해구제기금 수입 및 지출 전망(기금 전체)	198

부표 목차

〈부표 1-1〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망	205
〈부표 1-2〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망	206
〈부표 1-3〉 누적 인정자수 변화	207
〈부표 1-4〉 구제급여 소요액	207
〈부표 1-5〉 추계 인구수	208

그림 목차

[그림 1-1] 기금의 여유자금 전망	13
[그림 2-1] 석면방직회사 제일E&S의 국제적 공해수출: 1969-2000	20
[그림 2-2] 석면기계의 공해 수출 또는 공해 수입한 4개국의 석면기업 노동자와 인근주민들에게서 발생한 석면질환 발생 실태	21
[그림 2-3] 전 세계적인 석면 소비량	24
[그림 2-4] 일본의 석면 소비량 및 석면 관련 악성중피종, 석면폐증으로 인한 사망자 추이	25
[그림 2-5] 국가별 석면 소비량 비교 (1995-2003)	28
[그림 2-6] 산업별 석면 건강피해자의 발생률 및 상대위험도	34
[그림 2-7] 한국으로 수입된 석면 및 석면제품의 양 변화 추이(1963-2009)	37
[그림 2-8] 한국의 석면 광산 분포 지도	38
[그림 2-9] 일반화된 포아송 회귀 모델(GPR)을 사용한 석면 관련 질병의 사망 예측	39
[그림 2-10] 석면 함유 슬레이트 건축물의 영향으로 인한 사망자 추이	41
[그림 2-11] 성별 1인당 석면 소비량(1939-2015), 악성흉막중피종 발생 건수	47
[그림 2-12] 영국 내 석면폐증, 중피종, 폐섬유화로 인한 남성 사망률과 석면 수입량	51
[그림 2-13] 성별 APC 효과 모형	53
[그림 2-14] 성별 흉막악성중피종 발생 건수	54
[그림 2-15] 미국 내 1인당 석면 소비 및 석면폐증 사망률의 연관성	55
[그림 3-1] 예측모형의 분류	86
[그림 3-2] 석면피해 인정자 발생률 추이: 2011~2019년	90
[그림 3-3] 석면이용량: 생산량+수입량	91
[그림 4-1] 마르코프 모형의 개념적 틀	103
[그림 4-2] 질병 발생의 인과적 고리(chain) 경로	104
[그림 4-3] 구제급여 소요액 전망을 위한 모형 개요	107
[그림 4-4] 데이터 구성 예시	113
[그림 4-5] Box-Jenkins 모형	169
[그림 4-6] 모형 추정 결과: 특별유족 인정	171
[그림 4-7] 전망 결과: 특별유족 인정	172
[그림 5-1] 석면피해구제분담금 수입액 전망을 위한 분석 개요	184
[그림 5-2] 2011~2019 수입결산 vs. 전망치 추이	189
[그림 5-3] 시나리오별 법정분담금 수입 전망	190

1. 연구의 필요성 및 목적

- 2015년 이후 다양한 피해자 찾기 사업추진 등을 통해 신규 피해자 수 및 구제급여에 있어 총 수급자 수가 급격히 증가하는 추세에 직면하여, 석면피해자 발생 및 구제급여 소요에 대한 재예측이 필요함.
 - 2018년부터 석면피해구제기금의 당기 재정적자가 발생하고 있으며, 향후 급여지출이 지속적으로 증가할 것으로 예상되어 여유자금 규모가 점차 감소 또는 고갈될 것으로 예상됨.
 - 2018년 기금의 당기재정적자는 약 23억 원, 2019년에는 약 51억 원의 적자가 발생함.
 - 석면피해자 발생 및 구제급여 소요액에 대한 기존의 전망 결과와 현재 지출되고 있는 소요액이 다소 상이하여, 향후 기금 수입 및 지출의 불균형이 심화될 가능성이 높음.
 - 이에, 석면피해구제기금이 안정적으로 운영될 수 있도록, 석면피해자 발생에 대한 예측모형의 개발이 필요함.
- 본 연구에서는 국내외 환경노출로 인한 건강피해자 발생에 관한 예측모형의 문헌고찰을 통하여, 우리나라의 상황에 적합한 질병별 석면피해자 발생 전망모형을 개발하고자 함.
- 이를 근거하여 석면 건강피해자의 구제급여 지급소요액을 중장기로 전망함으로써, 향후 석면피해구제기금의 안정적이고 효율적인 운영을 위한 기초자료를 마련하고자 함.

2. 주요 연구 결과

1) 기본 모형의 개요

□ 석면피해 구제급여 소요액을 전망하기 위한 기본모형 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 개발함.

○ 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형은 마르코프 상태(markov state), 발병률, 유병률, 전이확률, 사망확률 등을 활용하여, 각각의 단계(states)로 정의된 마르코프 상태A에서 마르코프 상태B로 전이하는 확률의 연속체라 할 수 있음.

- 마르코프 시뮬레이션 모형은 인구구조의 변화 과정을 분석하는 인구모듈과 시간 및 연령의 변화에 따라 위험요인의 유병률 및 발생률, 사망률 변화의 과정을 분석하는 질병모듈로 구성됨.

- 마르코프 상태는 석면피해 질병인 악성중피종, 원발성폐암, 석면폐증 1급, 석면폐증 2급, 석면폐증 3급으로 구분함.

○ 마르코프 주기는 1년 단위로 설정함.

○ 코호트의 구성은 5유형의 질병으로 구성된 코호트 상태(markov state)에 따라, 각 질병별로 40대, 50대, 60대, 70대, 80대로 구분하여 코호트를 구성함.

○ 마르코프 상태는 신규 인정자수와 전이 과정을 거쳐 다음과 같은 산식을 통하여 인정자수가 누적되며, 구제급여를 지급받게 됨.

$$P(t + \Delta t) = P(t) + \Delta t \times (BR - ER - DR)$$

여기서 $P(0)$ = 2019년 기준

$$EnRN(\text{진입자 수}) = P * EnR(\text{진입률})$$

$$ExRN(\text{상실자 수}) = P * ExR(\text{상실률})$$

$$DR(\text{사망자 수}) = P * DR(\text{사망률})$$

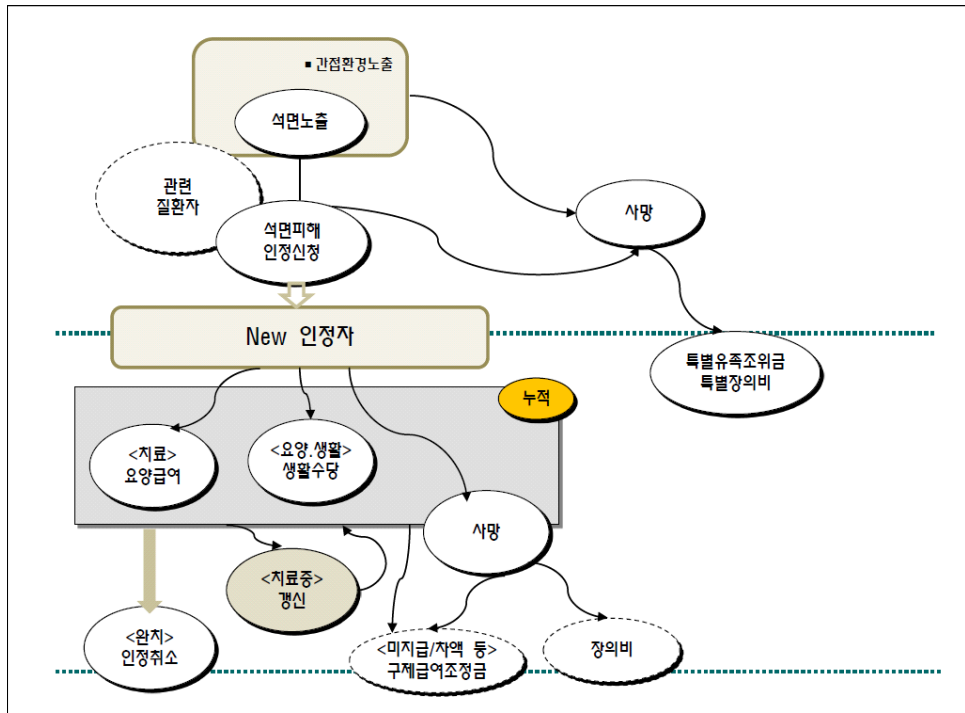
Population= INTEG (진입-상실-사망, INI POPULATION)

여기서 INTEG = integral

INI POPULATION=최초 시점(기준 연도)에서의 인정자수

□ 특별유족 인정 및 급여비 전망을 위해서 ARIMA 모형을 적용함.

[요약그림 1] 구제급여 소요액 전망을 위한 모형 개요



2) 모형의 기본 가정, 투입 변수 및 자료원

□ 본 연구에서 주로 석면피해구제관리시스템 DB를 활용하여 모형에 필요한 투입 변수를 산출하여 분석함.

○ 모형에 투입되는 주요 변수로는 질병별·연령별 인정자수 및 사망자 수 그리고 인정 질환의 변화 및 갱신 여부 등에 대한 변수가 적용됨.

□ 석면피해 발생자수 전망

○ 특정 변수의 중장기 규모를 예측하기 위해, 시계열 변수 간 동태적 관계를 분석할 수 있는 벡터오차수정모형을 활용함.

○ 질환별 잠재기간 분석은 포아송 회귀(Poisson Regression) 분석을 사용함.

□ 인정자의 전이 확률

- 2017년부터 2019년의 데이터를 pooling하여 인정 등급별 전이확률 및 갱신 여부에 대해 연령대별로 도출

□ 인정자의 사망 확률

- 석면피해자의 악성중피종 및 폐암에 대한 사망확률을 분석하기 위해 2017년부터 2019년의 자료를 pooling하여 로짓 회귀분석을 적용

□ 급여지출비용과 관련해서는 기본모형에서 우선 물가상승률을 반영하지 않은 불변가격으로 제시하였음.

- 또한, 물가상승률 3%를 적용하여 명목가격을 제시하였음.

- 시나리오 구성에서는 물가상승률 2%를 추가로 구성하여 제시하였음.

3) 구제급여 지출액의 분석 결과

□ 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 따른 질병별 유병인구 수 전망

- 현재 수준의 석면피해 발생자수(최근 3년간의 평균 발생률)¹⁾ 및 사망자 수 등이 향후에도 유지된다는 가정에 따라 마르코프 코호트 시뮬레이션을 위한 기본 모형을 개발하였고, 질병별 · 연령별 코호트를 전망함.
- 기본 모형에서는 신규 발생자수가 최근 3년간 평균 발생률을 가정하여 시뮬레이션 한 결과이므로, 시계열적으로 발생자수가 향후 증가할 것인지 또는 감소할 것인지에 대한 전망이 포함되어 있지 않음.
- 이러한 제한점을 해결하기 위해서 본 연구에서는 벡티오차수정모형을 적용하여 질병별로 신규 발생자수를 전망하였고, 증가율 또는 감소율을 질환별 · 연

1) 2017년~2019년 data를 합쳐서(pooling) 3년 동안에 해당하는 석면피해자 발생자수 및 인구수를 적용함
(평균 발생률=3년간 석면피해자 발생자수/3년간 인구수)

령별로 기본 모형에 다시 적용하여 제한점을 완화하였음.

〈요약표 1〉 벡터오차수정모형을 통한 신규 발생자수의 증감률

연령대	질병별 신규 발생자수의 증감률				
	악성종피종	원발성폐암	석면폐증1급	석면폐증2급	석면폐증3급
40~69세 이하	1%	7%	-1%	0%	8%
70세 이상	4%	7%	2%	1%	8%

□ 벡터오차수정모형을 통한 신규 발생자수 전망을 적용한 유병인구 수의 전망 결과를 보면 다음의 표와 같음.

- 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형에 신규 발생자수의 증감률을 반영하여 누적 인정자수의 규모를 보면, 2021년에 2,784명이었으나 2030년에는 5,866명으로 증가하게 됨.
- 질병별 신규 발생자수는 악성종피종의 경우 2021년에 55.2명에서 2030년에 80.7명으로 증가하고, 원발성 폐암의 경우 2021년에 66.7명에서 2030년에 156.5명으로 증가하는 것으로 나타남.

6 석면피해자 발생 및 기금소요 추계 개선 연구

〈요약표 2〉 석면피해 발생자수 전망을 반영한 질병별 유병 인구(누적 인정자) 수 전망

연도	질병별 유병 인구 수(누적 인정자수)					계
	악성중피종	원발성폐암	석면폐증1급	석면폐증2급	석면폐증3급	
2020	227.5	291.3	154.3	653.1	1357.4	2,683.6
2021	240.8	316.8	159.6	645.0	1421.6	2,783.9
2022	257.1	347.8	165.1	663.3	1549.5	2,982.7
2023	270.2	378.2	169.3	688.0	1696.5	3,202.2
2024	306.7	439.2	190.8	806.3	2175.3	3,918.2
2025	281.3	459.9	195.7	808.5	2396.2	4,141.6
2026	280.6	494.9	200.9	820.2	2638.9	4,435.6
2027	287.0	533.9	205.4	834.0	2887.7	4,747.9
2028	303.7	591.9	211.0	859.9	3188.4	5,154.9
2029	311.0	633.9	214.5	935.9	3680.7	5,776.0
2030	329.4	697.5	220.3	890.5	3728.2	5,866.0

〈요약표 3〉 석면피해 발생자수 전망을 반영한 질병별 신규 발생자수 전망

연도	질병별 신규 발생자수					계
	악성중피종	원발성폐암	석면폐증1급	석면폐증2급	석면폐증3급	
2020	54.9	63.5	20.4	91.2	266.9	496.9
2021	55.2	66.7	19.6	89.0	279.6	510.1
2022	59.6	75.1	20.3	93.2	312.8	561.0
2023	59.8	78.7	19.5	90.7	326.7	575.4
2024	60.8	96.3	27.1	124.9	527.9	837.0
2025	61.8	101.3	26.2	122.8	555.0	867.1
2026	67.3	113.4	26.4	125.5	597.5	930.1
2027	68.2	119.2	25.6	123.1	627.0	963.1
2028	76.0	139.7	26.5	130.1	700.4	1072.7
2029	70.4	132.1	24.4	119.7	691.1	1037.7
2030	80.7	156.5	26.2	129.4	781.9	1174.7

주: 벡터오차수정모형으로 신규 발생자수를 전망하고, 이의 증감률을 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 반영한 결과임.

□ 발생자수 전망에 따른 구제급여액을 전망하면, 2021년에 174억 원, 2025년에 270억 원, 2030년에 414억 원이 소요될 것으로 전망됨.

〈요약표 4〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망: 신규 발생자수 전망 결과를 반영

(단위: 백만 원)

연도	기본모형		발생자 증감 전망(C)		특별유족 전망(D)		계(C+D)	
	불변	명목	불변	명목	불변	명목	불변	명목
2020	13,472	13,876	13,599	14,007	1,684	1,735	15,283	15,742
2021	13,977	14,828	14,337	15,210	2,026	2,149	16,363	17,359
2022	14,659	16,018	15,370	16,796	1,985	2,169	17,355	18,965
2023	15,230	17,142	16,376	18,431	2,241	2,522	18,617	20,953
2024	18,071	20,949	20,160	23,371	2,263	2,624	22,423	25,995
2025	17,387	20,761	20,170	24,084	2,461	2,939	22,631	27,023
2026	17,366	21,357	21,020	25,851	2,524	3,104	23,544	28,955
2027	17,515	22,187	22,130	28,033	2,691	3,409	24,821	31,442
2028	18,040	23,538	23,852	31,122	2,778	3,625	26,630	34,747
2029	18,541	24,917	25,592	34,394	2,930	3,937	28,522	38,331
2030	18,601	25,748	26,886	37,217	3,036	4,202	29,922	41,419

주: 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 적용한 결과임.

명목 급여액은 물가상승률 3% 적용함.

4) 수입전망과 지출전망을 통한 재정수지 예측

□ '19년도 말 기준 기금 여유자금의 약 432억 원이므로, 2027년이 되면 기금이 고갈될 것으로 예상되며, 이에, 기금의 지속가능성을 확보하기 위해 석면피해구제 분담금률을 인상할 필요가 있음.

□ 특히, 저출산으로 인한 인구감소가 가속화되고 경제 성장이 다소 비관적이라는 시나리오를 적용한다면, 기금여유자금은 1년이 더 앞당겨진 2026년에 기금이 고갈될 것으로 예상됨.

8 석면피해자 발생 및 기금소요 추계 개선 연구

〈요약표 5〉 석면피해구제분담금 수입(중위) 및 구제급여 지출 전망

(단위: 백만 원)

연도	기본모형(A)+특별유족(B)		수입전망 (중위)	수입(F)-지출(E)	
	불변	명목(E)	명목(F)	(차이)	(누적)
2020	15,283	15,742	15,065	-677	-677
2021	16,363	17,359	15,745	-1,614	-2,291
2022	17,355	18,965	16,487	-2,478	-4,769
2023	18,617	20,953	17,281	-3,672	-8,441
2024	22,423	25,995	18,065	-7,930	-16,371
2025	22,631	27,023	18,863	-8,160	-24,531
2026	23,544	28,955	19,684	-9,271	-33,802
2027	24,821	31,442	20,512	-10,930	-44,732
2028	26,630	34,747	21,352	-13,395	-58,127
2029	28,522	38,331	22,204	-16,127	-74,254
2030	29,922	41,419	23,056	-18,363	-92,617

주: 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 적용한 결과임.

특별유족은 예측 모형 전망 결과를 반영

물가상승률은 3% 적용함.

〈요약표 6〉 석면피해구제분담금 수입(저위) 및 구제급여 지출 전망

(단위: 백만 원)

연도	기본모형(A)+ 특별유족(B)		수입전망 (인구 저위 경제 비관적)	수입(F)-지출(E)	
	불변	명목(E)	명목(F)	(차이)	(누적)
2020	15,283	15,742	13,538	-2,204	-2,204
2021	16,363	17,359	13,963	-3,396	-5,600
2022	17,355	18,965	14,413	-4,552	-10,152
2023	18,617	20,953	14,868	-6,085	-16,237
2024	22,423	25,995	15,304	-10,691	-26,928
2025	22,631	27,023	15,712	-11,311	-38,239
2026	23,544	28,955	16,093	-12,862	-51,101
2027	24,821	31,442	16,515	-14,927	-66,028
2028	26,630	34,747	16,908	-17,839	-83,867

주: 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 적용한 결과임.

물가상승률은 3% 적용함.

5) 수입전망과 지출전망을 통한 재정수지 검토(기금 전체)

□ 석면피해구제기금의 수입항목은 석면피해구제분담금 외에도 정부전입금, 기타수입(기타재산수입, 가산금, 기타경상이전수입, 기금예탁이자수입)으로 구성되며, 지출항목은 석면피해구제급여 외에도 석면건강영향조사, 석면안전관리사업 등의 사업비와 기금운영비로 구성되므로

□ 석면피해구제분담금 수입전망과 석면피해구제급여지급 지출전망 결과를 바탕으로 석면피해구제기금 전체에 대한 수입과 지출에 대한 재정수지를 살펴보면, 기금의 여유자금인 2025년으로 앞당겨져 고갈됨을 알 수 있음

〈요약표 7〉 석면피해구제기금 수입 및 지출 전망(기금 전체)

(단위: 백만 원)

구 분		2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
총수입 (A)	소 계	17,119	17,391	18,133	18,732	19,321	20,119
	석면피해구제분담금	15,065	15,745	16,487	17,281	18,065	18,863
	정부전입금	500	500	500	500	500	500
	기타 수입	1,554	1,146	1,146	951	756	756
총지출 (B)	소 계	20,945	24,121	26,032	27,880	33,143	34,285
	석면피해구제급여	15,742	17,359	18,965	20,953	25,995	27,023
	석면건강영향조사	781	948	976	1,005	1,035	1,035
	석면안전관리	2,525	3,810	3,992	3,722	3,806	3,806
	기금운영비	1,897	2,004	2,099	2,200	2,307	2,421
총수입-총지출(B)		-3,826	-6,730	-7,899	-9,148	-13,822	-14,166
여유자금		39,435	32,705	24,806	15,658	1,836	-12,330

주: 석면피해구제분담금은 수입(중위) 전망반영, 석면피해구제급여는 명목지출 반영, 정부전입금·기타수입·석면건강영향조사·석면안전관리·기금운영비 등은 석면피해구제기금의 중기사업계획 반영

10 석면피해자 발생 및 기금소요 추계 개선 연구

- 따라서 현행 십만분의 3 수준인 법정분담금률을 십만분의 4 또는 5로 인상하고 정부전입금을 30억~45억으로 인상할 경우, 2025~2027년 기간 동안 발생하게 될 석면피해구제기금의 적자 재정을 사전에 예방할 수 있으며, 현재의 여유자금을 보다 안정적으로 운영함으로써, 구제급여 범위를 확대하여 실제 석면으로 인한 건강피해자를 구제하는 기금의 역할을 충실하게 이행할 수 있을 것임.

제 1 장 서론

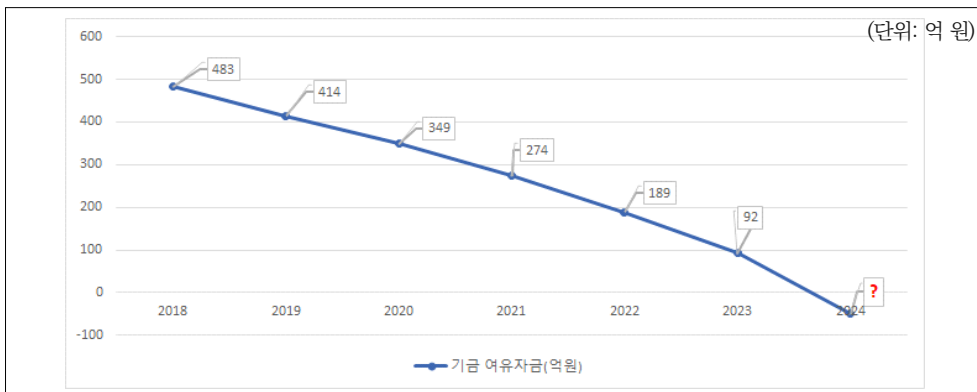
제1절 연구의 필요성 및 목적

제2절 연구 내용 및 방법

제1절 연구의 필요성 및 목적

- 2015년 이후 다양한 피해자 찾기 사업추진 등을 통해 신규 피해자 수 및 구제급여에 있어 총 수급자 수가 급격히 증가하는 추세에 직면하여, 석면피해자 발생 및 구제급여 소요에 대한 재예측이 필요함.
- 다양한 피해자 찾기 사업을 추진하기 이전에 신규 수급자 수의 연평균 증가율은 16.2%(2011년~2014년)인 반면, 2015년 이후에는 연평균 19.6%(2015~2018년)로 증가하는 추세임.
- 현재 석면피해자의 발생 증가율을 감안할 경우에, 그간 누적된 여유자금의 2024년에는 고갈될 것으로 예상되므로, 향후 발생하는 피해자를 정확히 추계하여 안정적인 기금운영 방안을 마련할 필요가 있음.
- 아래의 그림에서와 같이, 기금의 여유자금의 점차 감소할 것으로 전망되며, 2024년 이후에는 누적된 여유자금의 마이너스로 전환될 것으로 전망됨.

[그림 1-1] 기금의 여유자금 전망



자료: 환경부 내부자료

- 석면피해자 발생 및 구제급여 소요액에 대한 기존의 전망 결과와 현재 지출되고 있는 소요액이 다소 상이하여, 향후 기금 수입 및 지출의 불균형이 심화될 가능성이 높음.
 - 과거 석면피해자 발생 및 구제급여 소요액 예측 관련 연구를 수행하였으나, 연간 석면피해자 발생 현황과 상이하여 보다 정확한 석면피해자 발생률에 대한 예측을 기반으로 구제급여 소요액의 전망이 필요함.
- 이에, 석면피해구제기금이 안정적으로 운영될 수 있도록, 석면피해자 발생에 대한 예측모형의 개발이 필요함.
- 2011년~2019년 동안에 석면피해구제제도 운영 실적(피해 인정자, 구제급여 등) 등을 바탕으로 석면기금의 중장기 운영 계획을 수립하고 산업계 기금분담금의 조정 등 정책 환류가 필요함.
- 본 연구에서는 국내외 환경노출로 인한 건강피해자 발생에 관한 예측모형과 관련한 문헌고찰을 통하여, 우리나라의 상황에 적합한 질병별 석면피해자 발생 전망모형을 개발하고자 함.
- 이를 근거하여 석면 건강피해자의 구제급여 지급소요액을 중장기로 전망함으로써, 향후 석면피해구제기금의 안정적이고 효율적인 운영을 위한 기초자료를 마련하고자 함.

제2절 연구 내용 및 방법

가. 주요 연구 내용

- 석면노출로 인한 건강피해자 특성분석 및 국내·외 석면피해자 예측연구 사례 문헌조사
- 국내외 석면피해자 발생률 분석 모형 도출을 위한 선행연구 고찰
- 석면피해자 발생 및 사망과 구제급여 소요액 전망예측을 위한 모형개발
- 석면질환별(악성중피종, 폐암, 석면폐증) 건강피해자 발생 예측
 - 건강피해자의 중장기 발생률 예측
- 중·장기 석면피해 구제급여의 지급소요액 추계
 - 중장기 소요액 추계
 - 구제급여별 지급금액에 기초하여 지급소요액 추계
- 석면피해자 대상자 확대 등에 따른 시나리오별 소요액 전망
 - 현재 석면피해자 대상자 뿐 아니라 포함될 수 있는 대상자를 확대할 경우에 대한 시나리오를 구축하고 소요액 전망
- 고용인구 변화를 반영한 석면피해구제분담금 수입 전망

나. 주요 연구 방법

- 문헌 고찰
 - 국내외 연구사례 고찰

16 석면피해자 발생 및 기금소요 추계 개선 연구

- 국내 실정 및 가용 데이터에 적합한 분석모형 제시

□ 계량 분석

- 석면피해구제관리시스템 DB를 활용한 현황 자료 분석

- 시계열 분석

- 마르코프(markov) 코호트 시뮬레이션 모형 구축

□ 전문가 자문회의 개최

- 관련 전문가 등이 참여하는 자문회의를 개최하여 연구수행 추진전략, 연구내용 등과 관련한 다각적 의견수렴, 연구에 반영

제 2 장

석면피해자 발생 예측 연구 사례

제1절 석면피해자 발생 예측 및 건강피해에 대한 선행 연구

제2절 발생자수 예측 및 잠복기간 산출을 위한 국내외
선행 연구 고찰

2

석면피해자 발생 예측 연구 사례 <<

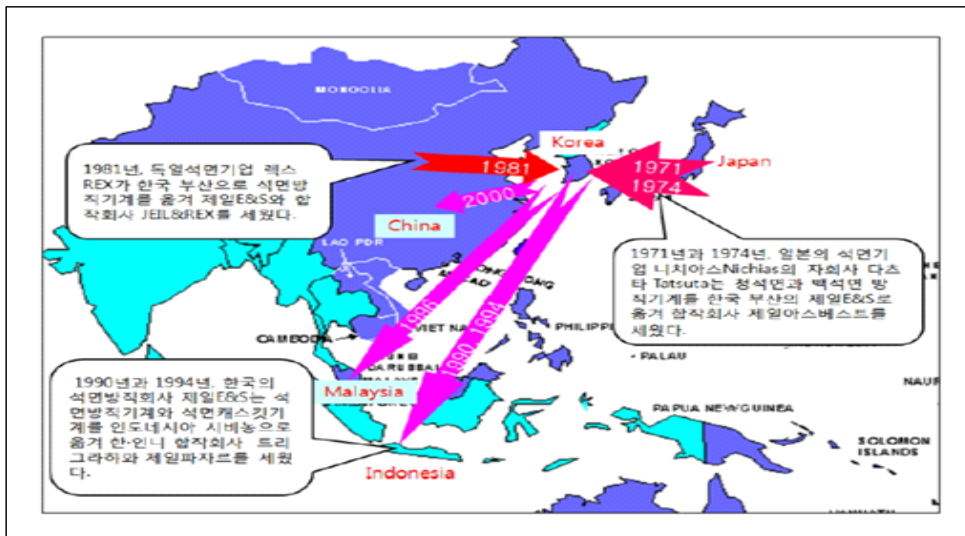
제1절 석면피해자 발생 예측 및 건강피해에 대한 선행 연구

가. 우리나라의 석면피해 현황

- 일반 국민들이 석면에 노출되는 경로는 다음과 같이 예측해 볼 수 있음.
 - (1) 석면이 함유된 제품을 사용하거나 석면이 사용된 장소에서 생활하는 경우
 - (2) 집안 식구 중 누군가가 석면을 취급하는 일을 하는 경우 작업복에 묻어온 석면에 가족들이 노출되는 경우 (3) 석면 광산이나 석면 공장 인근에 거주하여 이로부터 공기 중으로 날아온 석면에 노출되는 경우 (4) 석면 재질 건축자재로 된 건물에 거주하거나 일하는 경우 (5) 석면이 함유된 건물을 철거하는 경우
- 일반 국민이 석면노출로 인한 석면 관련 질환의 발생은 석면 관련 제품의 2차적 사용으로부터의 노출과 가장 크게 관련이 되어 있을 텐데, 석면 제품의 대부분은 건축자재가 차지하고 건물이 지어지면 보통 수십 년 이상 사용되기에 2009년 석면 수입 및 사용이 금지되었다고 하더라도 석면노출은 금지된 이후로도 수십 년 간 이루어질 수 있다고 할 수 있음.
- 석면 노출이 되고 나서도 석면 관련 질환 발생까지 잠복기가 20-50년이 되므로 우리나라의 경우, 석면 질환 발생으로 인한 질병 부담이 앞으로도 매우 클 것으로 예상됨.
- 석면 관련 질환에는 석면폐증, 폐암, 악성중피종이 대표적이거나, 환경성 석면노출과 폐암과의 관련성은 노출력, 흡연여부 등 다른 여타 요인들로 입증되기에 어려운 점들이 많음.

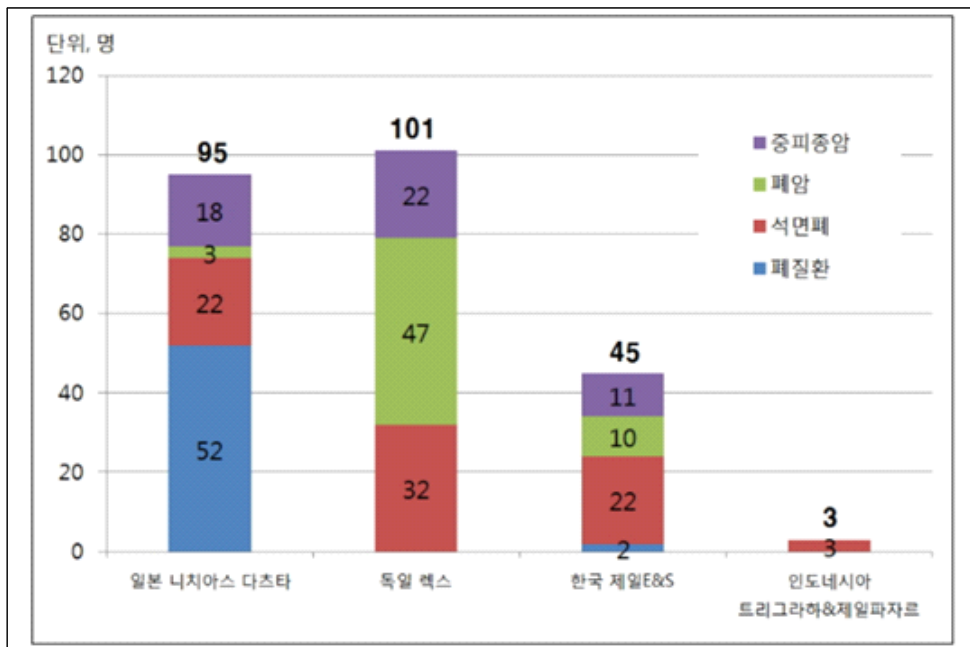
- 악성중피종은 석면에 특이적 질환으로써 1960년에 처음 보고가 되었고, 1963년 국제환경보건학회에서는 중피종 환자 중 환경적으로 노출된 경우를 확인하였으며, 1964년 뉴욕에서 열린 국제회의에서 환경성 석면노출로 인한 악성중피종의 발생이 세계적인임을 확인하게 됨. 한국의 경우 악성중피종 첫 환례가 1966년 보고 되었고, 석면노출과의 연관성 확립은 1995년에 이루어졌음. 석면폐증, 폐암, 악성중피종 외에도 후두암, 난소암이 석면과 연관성이 있음.
- 우리나라는 2011년 시작된 석면피해구제법에 따라 세계에서 6번째로 환경성 석면피해를 구제해 주고 있음. 보완 및 논의해야 할 부분들은 (1) 피해구제 대상의 확대 (2) 피해구제 금액 (3) 재원의 확보 (4) 오염자 책임부담의 강화 (5) 건강피해를 확인하기 위한 기술적·절차적 개선 및 효율적인 집행 등이 있을 수 있음.
- 선진국에서 석면관련 건강 문제가 알려짐으로써 석면 산업들이 사양 되자, 일본과 독일 등 선진국으로부터 우리나라로 해당 산업이 옮겨왔고, 우리나라에서조차 문제가 불거지자 말레이시아, 캄보디아 등으로 다시 이동함.

[그림 2-1] 석면방직회사 제일E&S의 국제적 공해수출: 1969-2000



□ 노출 이후 질병 발생까지는 수십 년에 걸친 잠복기가 있기 때문에, 선진국부터 석면 관련 질환 발생의 정점을 가질 것이며, 이후 우리나라, 동남아시아 순으로 정점이 진행될 수 있으므로, 앞으로 수십 년 이상 석면 관련 질환 발생에 대비해야 할 것으로 예상됨.

[그림 2-2] 석면기계의 공해 수출 또는 공해 수입한 4개국의 석면기업 노동자와 인근주민들에게서 발생한 석면질환 발생 실태



주: 독일 1999년, 인도네시아 2010년, 한국 2012년, 일본 2012년 자료

□ 선진국 대부분의 국가에서 1992년 석면사용을 금지했으며, 우리나라는 이로 부터 17년 뒤인 2009년에 석면사용을 전면 금지하였음.

○ 현재까지 보고되는 논문들은 선진국에서 석면 질환 발생자수 및 발생을 예측하는 연구들인데, 현재 정점으로 이동하고 있고 정점을 지나고서도 평편하게 앞으로도 계속해서 질병이 발생할 것으로 예상하고 있어, 석면으로 인한 부담

이 지속될 것으로 예측하고 있음. 그렇다면 아직 우리나라는 정점을 지나지 않았고 앞으로의 부담이 계속적으로 증가할 것임을 예상해 볼 수 있음.

- 국내 석면사용량 현황을 살펴보면 1941년부터 석면을 사용하였지만, 이후 간헐적으로 사용하다 1975년부터 1996년까지 매년 지속적으로 사용하다가 이후 사용량이 점차 줄면서 2009년에는 사용을 하지 않음.

- 사용량이 많았던 1975년부터 1996년 이후 단순하게 잠복기를 40년으로 고려한다면, 2020년에서 2040년 정도로 추정됨. 1997년부터 2007년까지도 석면은 계속 사용하였기 때문에, 질병발생의 정점이 지났다하더라도 2050년까지는 질병은 발생할 수 있음. 건축자재로 사용된 석면이 건축물에 수십 년은 잔존해 있다고 단순 가정했을 때, 2080년까지도 케이스가 적지만 질병 발생이 지속될 수 있다는 것을 의미함.

- 국외 선진국 사례를 보게 되면 현재가 피크 즈음으로 예측되는데 이후에도 약간 감소했을 뿐 계속적으로 피크와 유사한 수준의 질병 발생이 계속 이어질 것으로 예측하고 있음. 질병 발생은 석면 사용량과 잠복기간만 수십 년을 가진 채 비슷하게 발생하는 것을 확인할 수 있음.

- 일본의 경우, 석면 사용량이 1974년에 정점을 찍었는데, 논문에 보고된 2010년까지도 악성중피종의 연간 증가율이 계속 증가하고 있다고 보고하고 있음 (Leong et al., 2015)²⁾. 일본의 경우 2030-39년 사이에 악성중피종 발생의 절정에 다다를 것으로 예측하고 있는데, 석면사용의 20년의 격차가 있는 우리나라의 경우 2050-2059년에 정점에 이를 가능성도 있음.

- 석면 금지가 1992년 이루어진 선진국들 중 유럽 지역에서는 1994년과 2010년 사이에 중피종과 석면폐증으로 106,180명이 사망했음(Kameda et al., 2014)³⁾. WHO에 의하면, 같은 기간 전 세계 82개국에서 보고한 악성중피종으로 인한 사망자수는 128,015명이었고, 55개국에서 보고한 석면폐증으로 인

2) Leong SL, Zainudin R, Kazan-Allen L, Robinson BW. (2015). Asbestos in Asia. *Respirology* 2015;20:548-55

3) Kameda T, Takahashi K, Kim R, et al. (2014). Asbestos: use, bans and disease burden in Europe. *Bull World Health Organ* 2014;92:790-7

한 사망자수는 13,885명이었음(Diandini et al., 2013)⁴⁾.

- 선진국에 비해 우리나라와 같이 이후에 석면을 사용하거나 또는 여전히 사용하고 있는 국가들의 경우 매우 긴 잠복기간으로 인해 아직 석면 관련 질환의 문제가 아직 불거지지 않았기 때문에, 전 세계 석면 관련 질환 대부분이 선진국에서 발생했음. 아시아가 세계 석면 최대 소비국이었음(Choi et al., 2013)⁵⁾. 세계보건기구(WHO)의 추산에 의하면, 석면 관련 질환이 여전히 대부분의 유럽 국가들과 일본에서는 증가하고 있음을 볼 때(Stayner et al., 2013)⁶⁾, 일본에서 석면 사업을 전달 받아 일본보다 석면사용의 정점이 20년이 늦은 한국의 석면 관련 질환은 아직도 정점에 이르지 않았으며 질병 부담이 미래에 증가할 것으로 추론할 수 있음.

나. 국외 연구 사례

□ Leong et al.(2015)

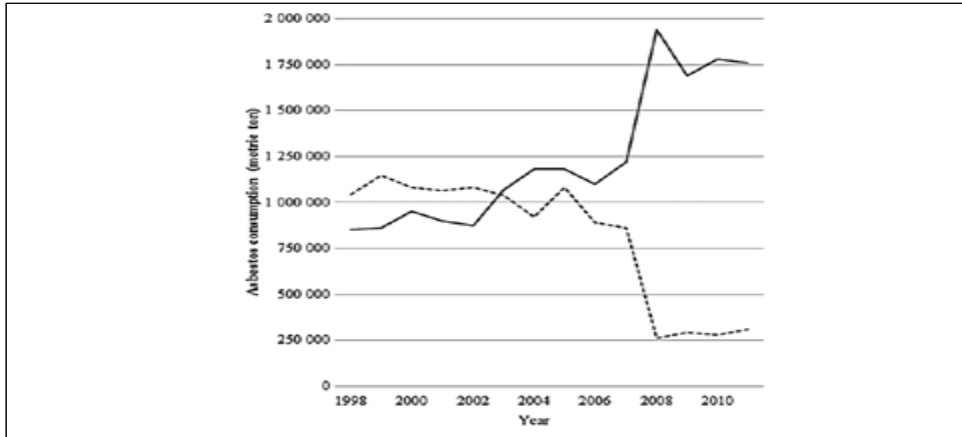
- 석면은 세계적인 죽음의 물질임. 선진국에서 석면사용과 폐석면의 유해한 결과에 대해 배운 교훈에도 불구하고, 석면사용은 아시아에서 계속 증가하고 있음. 구체적으로 아시아는 석면을 전 세계의 3분의 2를 소비하며, 현재에도 연간 총 100만 톤이 넘는 석면을 소비하고 있음(그림 2-3).

4) Diandini R, Takahashi K, Park EK, et al. (2013). Potential years of life lost (PYLL) caused by asbestos-related diseases in the world. *Am J Ind Med* 2013;56:993-1000

5) Choi Y, Lim S, Paek D. (2013). Trades of dangers: a study of asbestos industry transfer cases in Asia. *Am J Ind Med* 2013;56:335-46

6) Stayner L, Welch LS, Lemen R. (2013). The worldwide pandemic of asbestos-related diseases. *Annu Rev Public Health* 2013;34:205-16

[그림 2-3] 전 세계적인 석면 소비량



주: 아시아 및 중동(실선), 그 외(점선)

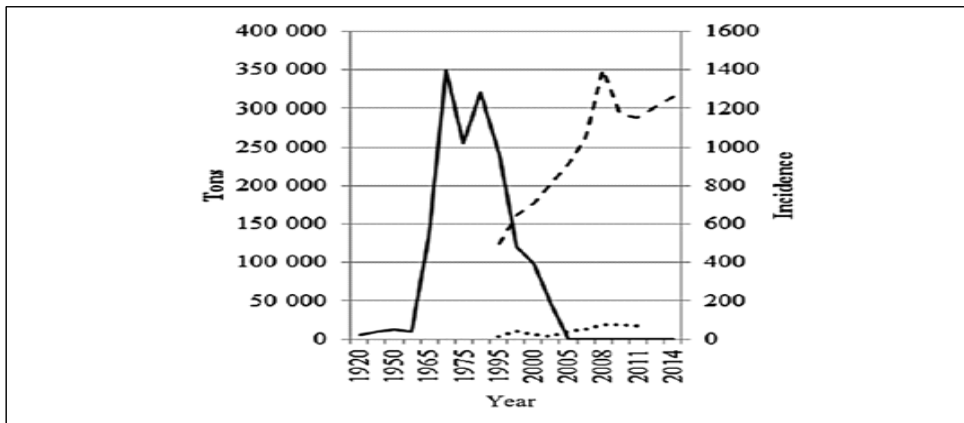
○ 일본의 악성중피종 데이터를 보면, 석면사용은 1920년부터 사용했고 사용량은 1974년에 정점에 이르렀으나, 악성중피종 사망률은 1980년대 초반부터 증가하다가, 1990년대 중반에는 급격히 증가하고 있음. 1994~2008년 사이 악성중피종의 연간 증가율이 3.46%로 유의미하게 증가했고, 2008년에는 941명이 사망했으며, 2010년에는 1,209명으로 증가했음(그림 2-4).

- 노출 이후 약 40년 후에 질병 발생

○ 2004년 일본의 석면 금지 1단계가 발표됐지만 석면 피폭은 계속되고 석면 관련 질병은 만연해 있음. 일본의 경우 2030년에서 2039년 사이에 악성중피종 발생의 절정에 이를 것으로 예측되고 있음.

- 사용을 금지하였더라도 건축물 등에 사용된 석면에 계속적으로 노출되기에 질병 발생의 최대 피크는 사용량 정점을 찍은 후 60년 이후로 예상. 따라서 한국의 경우 사용량의 최대 피크가 1990년 초반임을 생각할 때, 석면 관련 질환의 피크는 2050년으로 예상함.

[그림 2-4] 일본의 석면 소비량 및 석면 관련 악성종양, 석면폐증으로 인한 사망자 추이



- 일본, 한국, 싱가포르의 석면사용을 줄였지만, 아시아에는 여전히 석면을 계속 채굴하고 수입하고 사용하는 수많은 나라들이 있는데, 특히 중국은 세계에서 가장 큰 소비자 중 하나임. 정치·경제적 요인부터 석면에 대한 이해 부족, 석면 관련 폐질환 관리 능력 부족 등에 인함. 이러한 요인에 대한 인식 개선과 조기 개입이 이루어져야 아시아의 쓰나미를 막을 수 있을 것임.

□ Kameda et al.(2014)

- WHO DB를 이용하여 유럽 53개국 석면사용 및 관련 질병에 대해 분석함. 1) 석면 금지가 2000년까지 이루어진 국가(17개국), 2) 2001-2013년까지 이루어진 국가(17개국), 3) 여전히 사용 중인 국가(19개국) 세 그룹으로 나눔.
- 1920년에서 2012년 사이, 1인당 석면 사용량이 가장 높은 곳은 석면 금지가 이루어지지 않는 국가 그룹(3그룹)이었음.
- 1994년과 2010년 사이에 유럽 지역은 중피종과 석면폐증으로 106,180명이 사망했으며, 전 세계 사망자의 60%를 차지했음. 초기 금지가 이루어진 1그룹의 중피종 연령 조정 사망률은 9.4명/백만 명/년이었고, 후반에 금지가 이루어진 2그룹은 3.7명/백만 명/년, 금지가 이루어지지 않은 3그룹은 3.2명/백만

명/년이었음.

- 유럽 지역 국가 중에서 초기에 석면을 금지한 국가들은 현재 석면과 관련된 사망을 대부분 보고했음.
 - 석면금지가 가장 먼저 이루어진 국가에서의 사망자 수가 더 많은 것을 고려해 본다면, 석면관련 질환은 긴 잠복기 수십 년을 거친 뒤에 정점에 이를 것으로 예상해 볼 수 있음.

□ Le et al.(2011)⁷⁾

- 세계적인 석면 관련 질병(ARD) 확산에 대한 우려가 커지고 있기에, 아시아 지역의 석면 사용 현황과 질병 확산을 분석해 보기로 함.
- 전 세계에서 아시아 석면 사용의 비율은 14%(1920-1970년), 33%(1971-2000년), 64%(2001-2007년)로 꾸준히 증가함. 이 기간 아시아의 석면으로 인한 누적사망자수는 882명으로 전 세계 석면 질환 사망자의 13%에 불과함. 이 기간 가장 높은 연령보정 사망률을 보인 국가는 석면 사용을 금지한 국가들인 키프로스(4.8), 이스라엘(3.7), 일본(3.3)이었음.
- 1970년 이후 아시아에서 석면사용이 현저하게 증가한 것을 고려해볼 때, 향후 수십 년 내에 석면관련 질환이 급증할 것으로 보임.
 - 이 연구 역시 석면사용과 석면질환 발생은 수십 년 차를 두고 발생한다는 것을 예측하게 함.

□ Furuya et al.(2018)⁸⁾

- 석면관련 질병에 대해 전 세계적 발병률과 사망률 추정치를 조사하였음. 석면은 연간 255,000명의 사망을 유발하며, 이 중 작업 관련 노출은 233,000명의 사망을 유발함. 석면은 55개국에서 금지되었지만, 여전히 많은 국가들에서 널

7) Le GV, Takahashi K, Park EK, et al. (2011). Asbestos use and asbestos-related diseases in Asia: past, present and future. *Respirology* 2011;16:767-75

8) Furuya S, Chimed-Ochir O, Takahashi K, David A, Takala J. (2018). Global Asbestos Disaster. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15

리 사용되고 있는데 최근의 소비 데이터에 따르면, 연간 약 203만 톤이 소비되고 있음.

□ Diandini et al.(2013)

○ 1994년부터 2010년까지 세계보건기구(WHO)에 각각 82개국과 55개국이 보고한 중피종과 석면폐증으로 인한 사망자를 분석함. 중피종으로 128,015명이 사망하였고 잠재수명손실연수는 218만년이었음. 석면폐증으로 13,885명이 사망하였고 잠재수명손실연수는 18만년이었음. 평균 잠재수명손실연수는 악성중피종이 17년이었고, 석면폐증이 13년이었음.

○ 이와 같이, 석면 관련 질병부담은 매우 높음.

□ Frank et al.(2014)⁹⁾

○ 석면의 위험성에 따라 50개 이상의 국가에서는 석면사용을 금지하고 있지만, 여전히 매년 약 200만 톤의 석면이 전 세계에서 사용되고 있음. 인도, 중국, 러시아, 일부 개발도상국에서 여전히 상당한 양의 석면이 사용되고 있는데, 이러한 석면의 사용은 오늘날 및 앞으로의 질병의 원인이 되며 많은 석면과 관련된 질병을 일으킬 것임. 모든 형태의 석면은 인간의 건강에 심각한 위험을 내포하고 있고, 모두 입증된 인체 발암물질이므로, 석면 생산과 사용은 전 세계적으로 금지되어야 함.

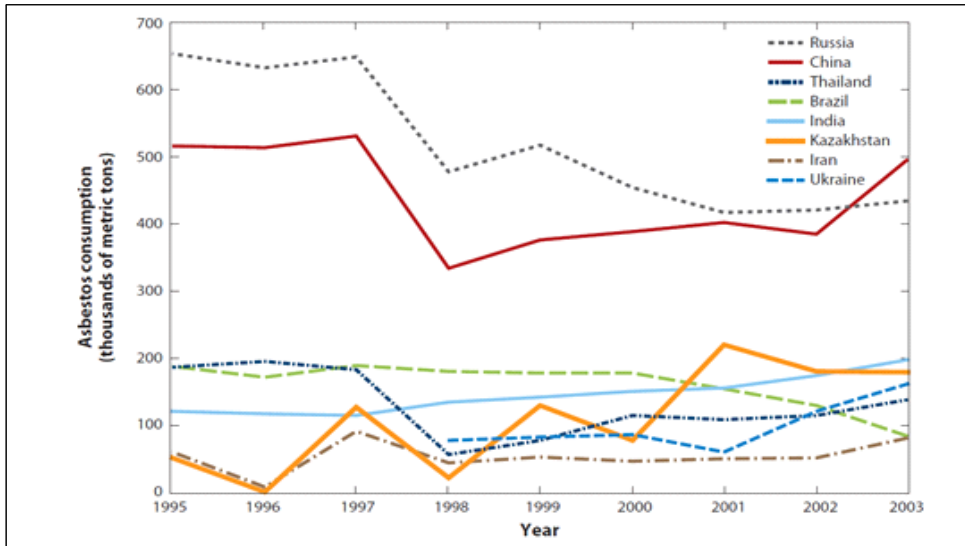
□ Stayner et al.(2013)

○ 석면 관련 질병은 여전히 중요한 공중 보건 문제이며, 세계보건기구(WHO)는 매년 전 세계 107,000명이 중피종, 폐암, 석면폐증 등으로 사망하는 것으로 추산했음.

○ 오늘날 세계적으로 석면 소비는 줄었지만 개발도상국에서는 소비가 늘고 있음 (그림 2-5).

9) Frank AL, Joshi TK. (2014). The global spread of asbestos. Ann Glob Health 2014;80:257-62.

[그림 2-5] 국가별 석면 소비량 비교 (1995-2003)



○ 현재까지 사용하는 개발도상국에서도 노출이 높을 수 있음을 시사하는데, 질병 발생의 경우는 사용을 금지한 선진국들에서 증가하고 있음. 중피종을 살펴보면 여전히 대부분의 유럽 국가들과 일본에서 증가하고 있지만 미국과 스웨덴에서 정점을 찍었음.

○ 개발도상국의 전염병에 대해서는 현재 알려진 것이 거의 없는데, 이들 국가의 석면사용 증가는 향후 석면 관련 질병의 증가를 가져올 것이 분명함.

□ Choi et al.(2013)

○ 아시아가 세계 석면 최대 소비국이고, 석면 산업 기술의 위험한 이전이 반복적으로 발생하고 있음.

○ 일본 니치아스의 다츠타와 독일 렉스는 각각 1971년과 1981년 국내 제일건설(옛 제일화학)에 공장을 이전했음. 이후 1990년 한국의 제일건설에서 인도네시아의 제일파자르로 이적이 반복되었음.

○ 이전된 국가에는 국제적으로 받아들여진 안전 조치가 전혀 도입되지 않았음.

석면산업을 도입해간 국가들의 국민 의식 개선과 국제 협력이 필요하며, 석면 피해자를 위한 아시아 펀드 조성이 요청됨.

□ Lin et al.(2007)¹⁰⁾

- 33개국을 대상으로 1960년~1969년 석면소비량과 2000년~2004년 석면 관련 질병으로 인한 사망률 간의 관계를 분석
- (분석결과) 과거 석면소비량은 남성 및 여성 모두에게 중피종으로 인한 사망에 영향을 미치게 됨.

□ Marinaccio et al.(2005)¹¹⁾

- 이탈리아를 대상으로 석면관련 질병 발생 예측 모델을 활용하여 흉막중피종 사망률을 분석함.
- 석면소비모형(asbestos consumption model)과 연령기간 코호트모형(age-period-cohort model: APC)을 활용
 - (자료원) 1970년~1999년 기간 동안의 남성 흉막암 사망률과 해당 기간의 연령별·성별 인구구조 자료 등을 사용
 - (모형) 연령기간 코호트모형(APC)은 연령, 출생코호트, 진단시점이 사망률에 미치는 효과를 분석하고, 출생코호트별 상대적인 위험수준을 측정
 - 로그선형 포아송 모형을 이용하여 연령대별 사망률을 추정
 - 1인당 석면소비량(annual asbestos per capita consumption)과 소비시점부터 40년 후 남성의 흉막종양 사망자 수와의 관계 예측
 - 선형함수, 로그함수, 지수함수, 4차함수 모형을 사용하였으며, 결정계수

10) Lin, RT., Takahashi, K., Karjalainen, A., Hoshuyama, T., Wilson, D., Kameda, T., Chan, CC., Wen, CP., Furuya, S., Higashi, T., Chien, L. C., Ohtaki, M. (2007). Ecological association between asbestos-related diseases and historical asbestos consumption: an international analysis, *Lancet*, 369, 844-849

11) Marinaccio A1, Montanaro F, Mastrantonio M, Uccelli R, Altavista P, Nesti M, Costantini AS, Gorini G. (2005). Predictions of mortality from pleural mesothelioma in Italy: a model based on asbestos consumption figures supports results from age-period-cohort models. *Int J Cancer*. 20:115(1):142-7.

(R-square)값이 가장 높게 나온 지수함수 모형을 활용

- (분석결과) 이탈리아는 유럽에서 두 번째의 주요 석면 생산국이며 1980년 말까지 석면을 생산함. 1945년 이후 출생자에 대한 사망위험 추정치는 이탈리아가 다른 서구유럽국가보다는 다소 둔화되어 감소하는 것으로 나타남. 2014년~2024년 동안 연간 약 800명의 악성중피종 사망자가 발생할 것으로 전망

□ Murayama et al.(2006)¹²⁾

- 일본을 대상으로 늑막 악성중피종의 사망률을 예측
- 연령코호트 모형을 활용하여 분석
- (분석결과) 2000년~2039년의 약 40년 동안 늑막중피종으로 인한 사망자수가 지속적으로 증가하여 약 101,400명에 이를 것으로 예측

□ Martinez-miranda et al. (2015)¹³⁾

- 연령기간 코호트(APC) 모형을 활용하여 중피종 사망률을 분석
- 사망률 분석에서 사망자 수 및 위험노출에 대한 정보가 모두 가용할 경우에 dose-response 분석을 실시할 수 있는데, 위험노출자료가 없는 경우에는 ① 인위적인 변수를 구축하거나 ② 사망률만 이용하여 모형을 구축
- 여기에서는 ② 사망률만 이용하여 예측모형을 구축함.

12) Murayama Takehiko, Takahashi Ken, Natori Yuji, Kurumatani Norio. (2006). Estimation of Future Mortality From Pleural Malignant Mesothelioma in Japan Based on an Age-Cohort Model. AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE 49:1-7 (2006)

13) Martínez Miranda, B Nielsen, JP Nielsen. (2015). Inference and forecasting in the age-period-cohort model with unknown exposure with an application to mesothelioma mortality. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)

□ Selikoff(1981)¹⁴, Nicholson et al.(1982)¹⁵

- 경제활동참가인구 자료를 활용하여 석면노출 노동력의 규모와 분포를 추정
- 석면노출 노동력을 산업별·직종별로 구분한 후, 직업상 석면노출에 따른 암발병위험에 관한 다양한 증례-대조군 및 전향적 코호트 연구에서 발견된 석면위험수준을 적용하였다. 3가지 종류의 자료를 이용하여 분석
- (자료원) 미국 경제활동참여인구의 구조 및 규모에 대한 통계자료, 석면노출 근로자의 그룹에 대한 증례-대조군 및 코호트 자료, 단열공(the insulation worker) 코호트의 보상패턴 및 피해소송 관련 자료
- 석면피해 발생 예측 과정
 - ① 특정 산업 및 직종에서 발생한 석면노출 수준에 대한 파악
 - ② 석면노출 근로자의 전체 규모, 노출시기, 고용기간 등을 규정하기 위해 특정 산업 및 직종에서의 노동력 회전율을 추정
 - ③ 특정 산업 및 직종에서의 암발생위험 수준을 결정하기 위해 증례-대조군 연구 및 코호트 연구결과 검토
 - ④ 연령, 시기, 석면노출기간에 따른 건강효과(특히, 암발병률)를 추정함(용량-반응 모형 추정, Dose-Response Models)
 - ⑤ 향후 석면(asbestos) 관련 사망률 예측
 - ⑥ 석면증(asbestosis)에 따른 사망자 예측

14) Selikoff, Ij. and H. Seidman. (1981). Cancer of the pancreas among asbestos insulation workers. Cancer 1981;47:1469-1473

15) William J. Nicholson, George Perkel, Irving J. Selikoff. (1982). Occupational exposure to asbestos: Population at risk and projected mortality-1980-2030. AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE 3:259-311

□ Walker et al.(1983)¹⁶⁾

- 1980년부터 2009년의 기간에 대해 석면 관련 질병(중피종, 폐암, 석면증)의 발생건수를 예측
- 석면에 대한 과거 노출력을 간접적으로 추정하여 현재와 미래에 발생할 석면 관련 질환(중피종, 폐암, 석면증 등) 발생자를 예측
- 석면피해 발생 예측 과정
 - ① 과거 석면노출 근로자의 규모를 결정하기 위하여 현재의 중피종 발병률을 적용하는 간접적인 추정 방법을 활용
 - ② Peto et al.(1982)의 Weibull hazard rate function을 이용하여 석면에 노출된 사람의 중피종 발병률을 예측
 - ③ 상대적 위험 요인(relative risk factors)을 이용하여 폐암 발병률을 예측
 - ④ 현재와 미래 석면증 유병률을 추정(Walker는 석면증의 경우, 생존기간이 길고 증상의 원인에 대한 인식이 부족하여, 잠재적으로 진단가능한 석면증 유병률이 잠재적인 소송발생 정도를 측정할 수 있는 주요 요소로서의 역할을 하게 된다고 보았음)
 - ⑤ 여성에게 발생할 수 있는 석면 관련 질병 규모를 추정

□ Antti Tossavainen(2005)¹⁷⁾

- 석면소비량과 중피종 발생을 비교한 연구에서 석면 170톤 당 1명의 악성중피종이 발생

16) Walker AM, Loughlin JE, Friedlander ER, Rothman KJ, Dreyer NA. (1983). Projections of asbestos-related disease 1980-2009. Journal of Occupational medicine. : Official Publication of the Industrial Medical Association, 01 May 1983, 25(5):409-425

17) Antti Tossavainen. (2005). Helsinki Criteria for Asbestos-Related Disease. International Occupational Hygiene Association

□ 국외 석면피해자 발생률 분석 모형 도출을 위한 선행연구

○ Luberto et al.(2019)¹⁸⁾. 이태리의 석면시멘트코호트 자료 분석

- 코호트 분석: 평균노출지수 및 누적평균노출지수, 초과사망률 등 분석

○ Reid et al. (2014)¹⁹⁾

- 시계열자료를 활용하여 석면노출이후의 중피종 발생 위험 분석

○ Lee et al.(2018)²⁰⁾

- 석면과 관련한 산업유형별 발생위험도 분석
- 악성중피종이 발생한 기업체 8개를 대상으로 석면피해의 발생률을 분석한 결과, 백만 명당 18.0명이었음
- 아래의 그림은 고위험 사업체의 경우에 잠복기간에 대한 발생위험도를 측정한 결과임.
- 조선업, 제당소, 단열재생산업체에서 석면관련 건강피해자 발생위험도가 높았음.

18) Luberto, F., Ferrante, D., Silvestri, S. et al. Cumulative asbestos exposure and mortality from asbestos related diseases in a pooled analysis of 21 asbestos cement cohorts in Italy. Environ Health 18, 71 (2019)

19) Reid A, de, Klerk NH, Magnani C, et al. (2014). Mesothelioma risk after 40 years since first exposure to asbestos: a pooled analysis. Thorax 2014;69:843-850

20) Lee LJ-H, et al. (2018), Clustering of malignant pleural mesothelioma in asbestos factories: a subgroup analysis in a 29-year followup study to identify high-risk industries in Taiwan. BMJ Open.

[그림 2-6] 산업별 석면 건강피해자의 발생률 및 상대위험도

Factory serial no	Occupational exposure setting	Total no of workers	No of workers with latency ≥ 20 years	Total person-years of follow-up (latency ≥ 20 years)	No of MPM cases (gender)	Incidence rate, per million (95% CI)*	eRR† (95% CI)*
1	Shipbuilding	11 912	11 701	432 776	9 (M)	20.8 (9.5 to 39.5)	20.0 (9.1 to 38.0)
2	Sugar refinery	2788	2747	108 764	1 (M)	9.2 (0.1 to 51.2)	8.8 (0.1 to 49.2)
3	Military factory	5008	4671	161 788	1 (M)	6.2 (0.1 to 34.4)	5.9 (0.1 to 33.1)
4	Thermal insulation	1169	821	21 977	2 (M)	91.0 (10.2 to 328.5)	87.5 (9.8 to 315.9)
5	Asbestos cement	410	390	13 205	1 (F)	75.7 (1.0 to 421.3)	72.8 (1.0 to 405.1)
6	Petrochemical	958	666	20 566	1 (M)	48.6 (0.6 to 270.5)	46.8 (0.6 to 260.1)
7	Shipbuilding‡	8829	7827	238 906	2 (M)	8.4 (0.9 to 30.2)	8.0 (0.9 to 29.1)
8	Asbestos cement	136	124	3 728	1 (M)	268.2 (3.5 to 1492.0)	257.9 (3.4 to 1434.6)
1, 7	Shipbuilding	20 741	19 528	671 682	11 (M)	16.4 (8.2 to 29.3)	15.8 (7.9 to 28.2)
5, 8	Asbestos cement	546	514	16 933	2 (M, F)	118.1 (13.3 to 426.4)	113.6 (12.8 to 410.0)
1-8	All	31 210	28 947	1 001 710	18 (M, F)	18.0 (10.6 to 28.4)	17.3 (10.2 to 27.3)
Factories without MPM		129 430	80 946	2 565 404	0		

Industry type	eRR (range) Latency ≥ 20		eRR (range) Latency ≥ 30		eRR (range) Latency ≥ 40		eRR (range) Latency ≥ 50	
	Overall	Male	Overall	Male	Overall	Male	Overall	Male
Shipbuilding (n=2)	15.8 (8.0 to 20.0)	12.6 (6.4 to 16.0)	15.2 (5.7 to 19.2)	12.0 (4.4 to 15.4)	12.8	10.2	42.0	33.6
Asbestos cement (n=2)	113.6 (72.8 to 257.9)	51.1 (0 to 250.4)	66.4 (0 to 79.6)	59.8 (0 to 69.9)	0	0	0	0
Thermal insulation (n=1)	87.5	87.9	141.3	141.2	0	0	0	0
All (n=8)	17.3 (5.9 to 257.9)	13.6 (0 to 250.4)	13.6 (0 to 141.3)	10.3 (0 to 141.2)	7.7 (0 to 12.8)	6.4 (0 to 10.2)	39.8 (0 to 42.0)	32.6 (0 to 33.6)

주: MPM: malignant pleural mesothelioma(악성중피종)

자료: Lee LJ-H, et al. (2018), Clustering of malignant pleural mesothelioma in asbestos factories: a subgroup analysis in a 29-year followup study to identify high-risk industries in Taiwan. BMJ Open.

다. 국내 연구 사례

□ Kang et al.(2018)²¹⁾

- 세계보건기구 사망률 DB를 이용하여 1998-2013년 동안 석면관련 질환으로 인한 사망에 대한 질병부담을 산출
- 1998-2013년 동안 한국의 석면관련 질환으로 인한 사망자수는 4,492명이고 잠재수명손실년수는 71,763.7년임.
- 질환별로 보면, 석면폐증(사망자수 37명, 잠재수명손실연수 554.2년), 악성중피종(808명, 15,877.0년), 폐암(3,256명, 47,375.9년), 후두암(120명,

21) Kang DM, Kim JE, Kim YK, Lee HH, Kim SY. (2018). Occupational Burden of Asbestos-Related Diseases in Korea, 1998-2013: Asbestosis, Mesothelioma, Lung Cancer, Laryngeal Cancer, and Ovarian Cancer. J Korean Med Sci 2018;33:e226.

1,605.5년), 난소암(271명, 6,331.1년)임.

- 질환별 평균 잠재수명손실년수는 석면폐증 15.0년, 악성중피종 19.7년, 폐암 14.6년, 후두암 13.4년, 난소암 23.4년임.
- 평균 사망 나이는 석면폐증 70.4세, 악성중피종 62.6세, 폐암 69.1세, 후두암 69.9세, 난소암 61.8세이었음.
- 한국에서 석면사용이 중단되었지만 석면관련 질환 발생률이 증가하는 경향을 확인함.

□ Kang et al.(2018)²²⁾

- 석면공장, 조선소, 슬레이트 지붕이 있는 지역에 사는 대도시 주민 11,186명을 대상으로 석면관련 질환의 석면 노출 경로를 조사함.
- 대상자 중 직업적으로 노출된 사람은 11.2%, 가정에서 노출된 사람(석면 생산 노동자와 함께 거주)은 10.4%, 지역 인근에서 노출된 사람은 67.2%, 슬레이트 지붕에서 노출된 사람은 8.3%로 나타났다.
- 흉막 질환 발생의 경우, 가정에서의 노출 OR(95% 신뢰구간)은 1.9(0.9-4.2)였고, 19년 미만으로 지역 인근 노출(석면공장 인근거주 포함)은 4.8(3.4-6.7), 20년 초과로 지역 인근 노출은 8.0(5.5-11.6), 석면광산 인근 노출은 9.0(5.6-14.4), 슬레이트 밀집 지역에서의 노출은 8.8(5.6-13.8)이었음.
- 산업화된 도시에 거주하는 상당한 비율의 시민들이 석면에 노출되었을 가능성이 있으며, 다양한 노출 경로가 석면관련 질환과 연관되어 있음을 확인함.

22) Kang D, Kim YY, Shin M, et al. (2018). Relationships of Lower Lung Fibrosis, Pleural Disease, and Lung Mass with Occupational, Household, Neighborhood, and Slate Roof-Dense Area Residential Asbestos Exposure. Int J Environ Res Public Health 2018;15.

□ An et al.(2018)²³⁾

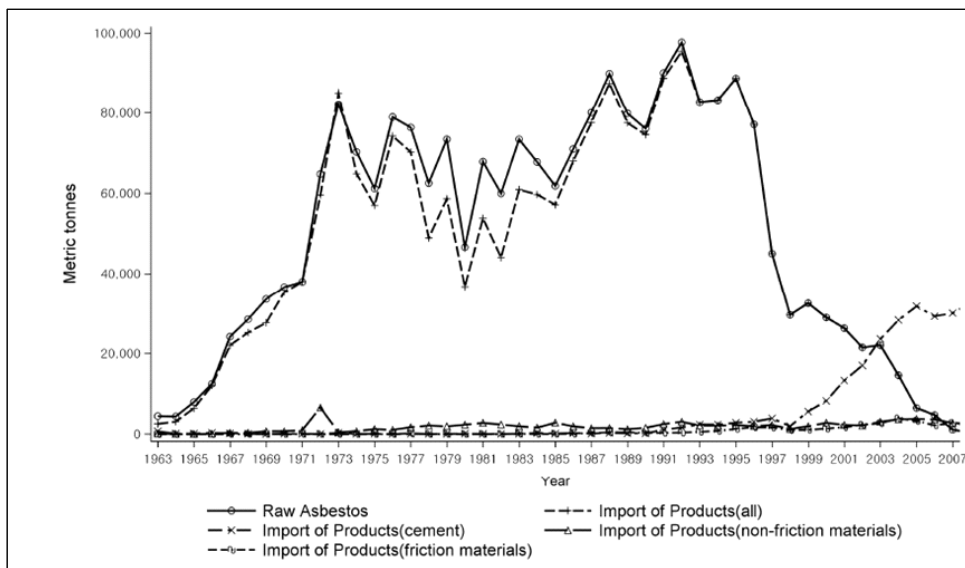
- 직업적 석면 노출의 예방과 보상을 목적으로 하는 정책 수립에 정보를 제공하고자 2011년부터 2015년까지 석면노출 및 직업관련 질병으로 근로복지공단에 요양급여 청구 또는 유족급여를 청구한 근로자 113명 중 악성중피종과 폐암으로 인정된 근로자의 보상청구를 선별해 일반적 특성, 노출특성, 병리학적 특성, 직업 및 산업분포 등을 분석하였음.
- 악성중피종과 폐암은 각각 89.7%, 94%로 남성에게서 주로 발생했음.
- 악성중피종은 평균 잠복기 34.1년이 지나 59.5세에 진단되었고, 폐암은 잠복기 33.1년이 지나 평균 59.7세에 진단되었음.
- 석면 노출 근로자들의 회사는 부산-울산-경남 지역에 가장 많았으며, 가장 흔한 직업-질병 유형은 건설현장-악성중피종, 조선업-폐암이었음.
- 석면의 잠복기가 매우 길고, 우리나라 석면 사용량이 최대였던 시점이 1990년대 중반이었던 점을 감안하면, 석면 관련 질병에 의한 피해는 장기적 증가세가 지속될 것으로 보임.

23) An YS, Kim HD, Kim HC, Jeong KS, Ahn YS. (2018). The characteristics of asbestos-related disease claims made to the Korea Workers' Compensation and Welfare Service (KCOMWEL) from 2011 to 2015. Ann Occup Environ Med 2018;30:45.

□ Yoon et al.(2018)²⁴⁾

- 우리나라의 경우, 일본 지배 하의 석면 광산이 처음 문을 연 지 약 70년이 지난 2009년에 석면이 최종 금지되었고, 석면 금지로 이어지는 변화를 서로 다른 단계에 걸쳐 진화했는지 살펴보았는데, 석면 금지는 합법적인 정치적 창구, 경제적 합리화, 건강 위험 보호, 인권 민감성 등 이러한 문제에 대한 모든 대안을 이용할 수 있을 때 도입될 수 있었음.
- 석면 제품은 2000년대 초반까지 선박 건조, 건설, 배관 및 난방, 자동차 정비 등에 널리 사용했음. 2007년 이전 10년 동안은 채굴한 석면을 사용하는 산업은 거의 남아있지 않아서 석면 수입과 석면 제품 제조가 감소하였으나, 그 대신에 2006년까지 제조된 석면 제품의 수입이 증가했음(그림 2-7).

[그림 2-7] 한국으로 수입된 석면 및 석면제품의 양 변화 추이(1963-2009)

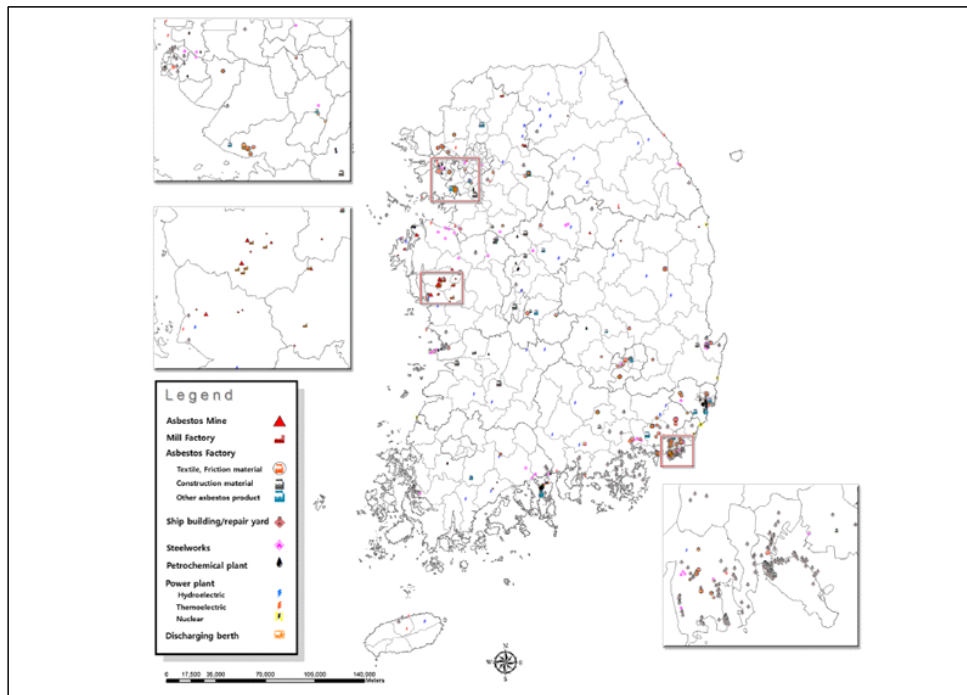


24) Yoon YR, Kwak KM, Choi Y, et al. (2018). The Asbestos Ban in Korea from a Grassroots Perspective: Why Did It Occur? Int J Environ Res Public Health 2018;15.

□ Kang et al.(2016)²⁵⁾

- 석면관련 질병은 잠복기가 10~50년으로 길기 때문에, 환경성 석면 노출로 진단하기 위해서는 석면 노출 이력이 필요하나, 환경적 석면 노출 데이터는 부족한 실정이어서, 문헌고찰과 인터뷰를 이용하여 DB를 구축하고 GIS로 이를 시각화하였음.
- 석면 광산은 충남에 위치하여 있었고, 공장은 경기, 부산, 경남에 위치하여 있었으며, 석면 소비는 경기, 대전, 부산에서 이루어졌고, 선박건조 및 수리 회사는 대부분 부산과 경남에 위치하고 있었음. 이는 환경적 석면 노출을 평가하고, 향후 한국의 석면 질병 부담을 추정하는데 도움이 될 것임(그림 2-8).

[그림 2-8] 한국의 석면 광산 분포 지도

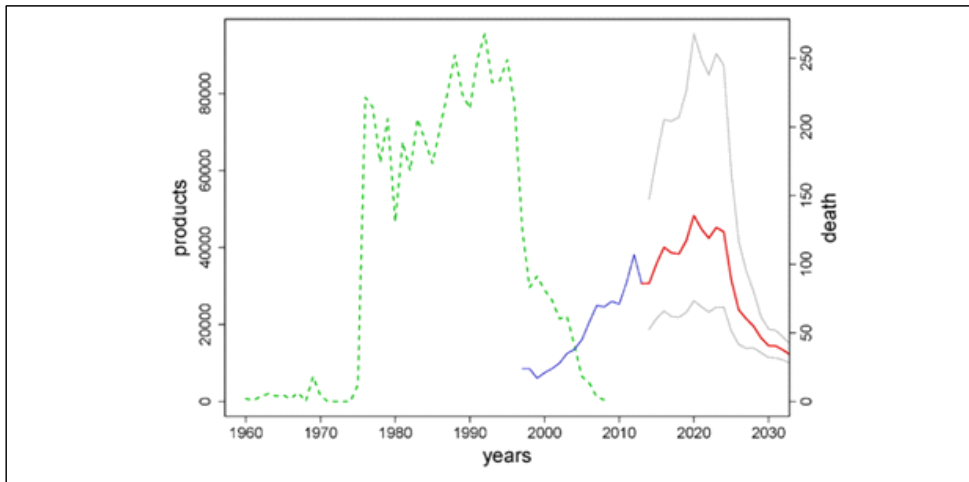


25) Kang DM, Kim JE, Kim JY, et al. (2016). Environmental asbestos exposure sources in Korea. Int J Occup Environ Health 2016;22:307-14.

□ Kim et al.(2016)²⁶⁾

- 석면 관련 질병으로 인한 사망률과 석면 사용량에 대한 DB를 구축한 후 일반화된 포아송 회귀(GPR) 모델을 사용하여 향후 한국의 석면 관련 질병 및 중피종 사망률을 예측하였을 때, 석면 사용량에 따라 2014년부터 2036년까지 석면 관련 질병으로 인해 총 1,942명(최대 3,476명)이 사망할 것으로 예측(표 2-1, 그림 2-9)

[그림 2-9] 일반화된 포아송 회귀 모델(GPR)을 사용한 석면 관련 질병의 사망 예측



주: 관찰된 석면 수입(초록), 관찰된 석면 관련 질병 사망자(파랑), 석면관련 질병으로 인한 사망자로서 예측되는 인구(빨강)

26) Kim SY, Kim YC, Kim Y, Hong WH. (2016). Predicting the mortality from asbestos-related diseases based on the amount of asbestos used and the effects of slate buildings in Korea. Sci Total Environ 2016;542:1-11.

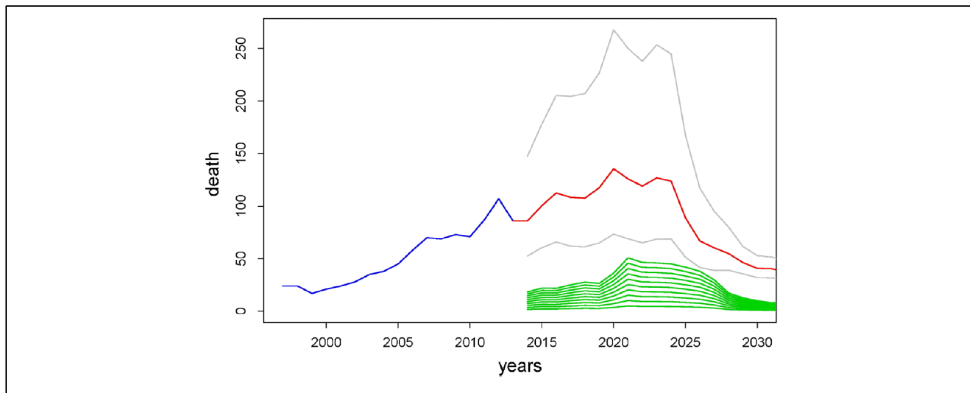
〈표 2-1〉 일반화된 포아송 회귀 모델(GPR)을 사용한 석면 관련 질병의 사망 예측

Prediction of the mortality from asbestos-related diseases using the generalized Poisson regression model.

Year	Asbestos-related diseases		Mesothelioma overall		Mesothelioma male		Mesothelioma female	
	Predicted values	95% predictive interval	Predicted values	95% predictive interval	Predicted values	95% predictive interval	Predicted values	95% predictive interval
2014	87.501	(48.506, 151.153)	85.346	(48.319, 154.455)	56.663	(29.133, 112.641)	27.885	(9.741, 73.649)
2015	102.001	(56.370, 182.617)	100.116	(55.604, 181.564)	63.872	(31.685, 133.095)	35.802	(12.131, 96.040)
2016	114.506	(60.159, 210.868)	109.073	(58.490, 209.017)	69.647	(33.101, 152.465)	38.814	(12.070, 108.709)
2017	111.374	(56.772, 211.270)	104.324	(55.163, 210.165)	69.106	(32.554, 151.123)	34.292	(10.399, 103.483)
2018	110.908	(54.409, 214.437)	103.632	(54.193, 207.307)	67.947	(30.979, 153.117)	34.561	(10.218, 108.262)
2019	120.891	(59.328, 237.643)	119.070	(59.770, 241.788)	77.130	(34.224, 180.728)	40.652	(11.597, 132.069)
2020	139.614	(68.085, 284.119)	136.063	(67.436, 280.138)	85.005	(36.823, 204.840)	50.514	(13.815, 167.469)
2021	131.280	(62.508, 266.418)	121.806	(61.777, 257.213)	77.986	(34.297, 183.352)	42.876	(11.646, 140.304)
2022	124.825	(58.005, 250.214)	117.460	(58.355, 245.151)	76.875	(33.256, 184.866)	39.024	(10.652, 131.866)
2023	133.056	(62.479, 272.931)	131.102	(63.639, 276.735)	84.170	(35.787, 206.121)	45.506	(11.870, 158.414)
2024	130.942	(63.031, 267.813)	124.658	(62.670, 257.093)	77.834	(34.191, 183.478)	46.234	(12.866, 154.327)
2025	96.213	(48.085, 181.473)	88.907	(47.313, 173.611)	57.754	(28.825, 125.642)	30.255	(9.230, 92.391)
2026	73.357	(39.011, 130.799)	70.684	(41.680, 129.384)	46.010	(24.142, 90.420)	23.809	(8.371, 66.722)
2027	66.707	(39.882, 105.974)	68.440	(43.356, 112.547)	42.960	(25.106, 77.656)	25.080	(9.819, 60.637)
2028	61.541	(41.692, 88.485)	61.362	(42.748, 89.832)	37.697	(24.514, 59.840)	23.784	(11.714, 46.753)
2029	52.954	(39.162, 70.038)	50.842	(37.857, 69.585)	32.738	(23.267, 46.929)	17.740	(10.144, 29.184)
2030	47.208	(36.075, 61.161)	45.779	(35.407, 60.789)	30.713	(22.604, 42.047)	14.595	(8.892, 23.049)
2031	47.024	(36.422, 60.062)	45.725	(35.719, 59.563)	30.222	(22.496, 41.097)	15.037	(9.328, 23.220)
2032	43.855	(34.887, 55.171)	42.652	(34.031, 54.113)	28.420	(21.525, 37.351)	13.820	(8.898, 20.668)
2033	40.038	(32.515, 48.911)	38.461	(31.674, 47.674)	25.589	(19.985, 33.026)	12.482	(8.391, 17.904)
2034	36.909	(30.661, 44.165)	36.194	(30.520, 43.549)	24.313	(19.367, 30.768)	11.487	(7.951, 15.579)
2035	35.385	(30.003, 41.618)	34.817	(29.758, 40.919)	23.113	(18.821, 28.620)	11.371	(8.299, 15.137)
2036	33.745	(29.187, 39.027)	32.863	(28.514, 38.190)	21.863	(18.259, 26.534)	10.670	(8.003, 13.742)

- 그 중 석면 함유 슬레이트 건축물의 영향으로는 2031년까지 최대 555명이 석면 관련 질병으로 사망할 것으로 예측되며, 사망자는 2021년 53건으로 최고조에 이를 것으로 보임(그림 2-10).

[그림 2-10] 석면 함유 슬레이트 건축물의 영향으로 인한 사망자 추이



주: 석면관련 질병으로 인한 사망자(파랑), 석면관련 질병으로 인한 사망자로서 예측되는 인구(빨강), 석면 함유 슬레이트로 인해 직접적 영향을 받은 석면관련 질병 사망자(초록)

□ Kwak et al.(2017)²⁷⁾

- 암 등록 자료를 통해 얻은 1994년부터 2013년 사이의 악성중피종 발생에 대해 age-period-cohort(APC) model을 적용하여 2014년부터 2033년까지의 악성중피종 발생을 예측
- 2033년까지 향후 20년 동안 남성 2,380명, 여성 1,199명이 새로 악성중피종에 이환될 것으로 예측하였음. 발생률은 2009-2013년에 비해 2029-2033년에 남녀 모두 증가할 것으로 예측하였으며, 연령 표준화를 하는 경우 남성은 약간 증가하고 여성은 약간 감소하는 것으로 예측함.

27) Kwak KM, Paek D, Hwang SS, Ju YS. Estimated future incidence of malignant mesothelioma in South Korea: Projection from 2014 to 2033. (2017). PLoS One. 2017;12(8):e0183404.

제2절 발생자수 및 잠복기간 관련 국내외 선행 연구 고찰

□ 잠복기간

○ 이탈리아: 잠복기간 40년.

- 홍막암이 35-39년 137명으로 최대 발생이었으나, 40-44년 116명, 45-49년 128명 50-54년 77명, 55년 이상 58명으로 50년 이후까지도 피크였던 40년 지점과 비슷하게 계속적으로 발생하였으며, 50년 이후부터는 발생은 하였지만 최대 발생 대비 반 정도로 줄어들었음.

○ 대만: 잠복기간 31년

- 잠복기간을 25년-45년까지 예측해 보았을 때 AIC 값이 가장 낮았던 시점이 31년이었음. 잠복기간을 31년으로 하였을 때, 악성중피종 발생 피크 지점을 남성은 2012-16년, 여성은 2016-20년으로 예측함. 우리나라와 석면 사용 시점이 십 수년간량 차이가 있음. 이 연구에 우리나라를 비추어 볼 때, 우리나라 악성중피종 발생 피크 시점은 2030-35년경으로 예측해 볼 수 있음.

○ 이탈리아: 잠복기간 40년

- 이 연구 역시 홍막암 발생률이 잠복기간 30-39년에서 가장 높게 나타났지만, 40-49년에서도 질병 발생이 약간 떨어졌으나 비슷하게 많이 발생했고, 50년 이상에서도 꽤 발생하였음.

○ 영국: 잠복기간 48년

○ 이탈리아: 질병에 대해서만 보았는데 2010년을 질병 발생 피크라고 예측함. 1987년-2010년 악성중피종 발생이 총 1,600건이었음. 피크 이후에도 추세는 비슷하게 유지되어 2011년-2026년 악성중피종이 총 남성에서 1,234명, 여성에서 378명 발생할 것으로 예측함.

○ 미국: 잠복기간 48년

○ 국내외 연구사례들을 종합해 보았을 때, 잠복기간은 40-50년으로 추정됨. 40년 되는 지점이 최대 피크 지점으로 보이고 50년까지 비슷한 수준으로 유지되

다 60년 이후에는 최대 피크의 반 정도로 줄어드는 것으로 보임. 보고된 선진국의 석면 사용시점을 고려하고 선진국의 일부 국가는 피크를 막 지났거나 아직 피크를 지나지 않은 것으로 볼 때 우리나라의 경우 2030-40년경에 피크를 지나고 이 이후로도 수십 년간 계속적으로 석면 관련 질환이 발생할 것으로 사료됨.

□ Barone-Adesi et al.(2019)²⁸⁾

- 석면에 노출된 사람들(이탈리아 코호트 총 51,801명)의 흉막암과 복막암 사망률의 장기 추세를 분석함.
- 흉막암 발병률은 석면 노출 이후 40년까지 증가하다 이후 안정세를 가짐. 반면, 복막암의 경우 단조로운 증가를 관찰함. 구체적으로는, 흉막암의 약 50%, 복막암의 65%는 석면 노출 40년 이후 발병하였으며, 흉막암의 발생률은 석면 노출 이후 40년까지는 증가하였으나 그 이후에는 안정세를 유지하였고, 반면 복막암의 경우 단조로운 증가가 뚜렷했음(표 2-2).

〈표 2-2〉 석면에 최초 노출된 이후 흉막암, 복막암의 발생 건수, 사망률 및 관찰 인년 (시간순 계층화)

Time since first exposure (years)	Cases of pleural cancer	Rate of pleural cancer (per 1000 person-years)	Cases of peritoneal cancer	Rate of peritoneal cancer (per 1000 person-years)	Person-years
≤19	23	0.02	4	0.004	954 899
20-24	27	0.12	6	0.03	234 328
25-29	71	0.33	11	0.05	215 717
30-34	113	0.61	15	0.08	186 072
35-39	137	0.93	25	0.17	147 644
40-44	116	1.16	30	0.30	99 677
45-49	128	1.93	32	0.48	66 378
50-54	77	2.14	23	0.64	35 987
At least 55	58	2.08	29	1.04	27 906
Total	750		175		1 968 627

28) Barone-Adesi F, Ferrante D, Chellini E, et al. (2019). Role of asbestos clearance in explaining long-term risk of pleural and peritoneal cancer: a pooled analysis of cohort studies. *Occup Environ Med* 2019;76:611-6

- 결론: 흉막암의 발생률은 석면에 노출된 후 무한정 증가하지 않고, 결국은 최대점에 도달함. 노출 이후 40년까지 증가하다 이후 안정세를 가짐.
- 잠복기간: 40년

□ Lin et al.(2019)²⁹⁾

- 전 세계적으로 석면 관련 질병은 향후 수십년 동안 계속 증가할 것으로 보이며, 이는 공중 보건에 부담이 될 것이기에, 대만에서 석면소비를 바탕으로 향후 30년 내 악성 흉막중피종 발생을 예측함.
- 방법은 1939-2015년 동안 석면 소비량과 1979-2013년 흉막중피종 예측을 대신할 성별 구분된 연간 흉막암 발생 정보를 수집했음. 석면 노출과 악성 흉막중피종 발생 사이의 잠복기간이 25년에서 45년 사이라는 가정 하에 포아송 로그-선형 모델을 적용하여 미래 악성 흉막중피종 수치를 예측했음.
- 결과: 석면 소비량은 1980년대가 최대 정점이었으며, 1939~2015년 동안 총 66만 8천 톤을 소비하였음. 1979-2013년 동안 관측된 발생 건수는 1979년 대비 2013년 남성은 9배, 여성은 6배 증가했으며, 누적 건수는 907건이었음 (표 2-3).
- 석면 소비량 최대 정점 시점: 선진국 1980년대 vs 우리나라 1992년
- 석면사용 금지 시점: 선진국 1992년 vs 우리나라 2009년
- 여러 선진국들에 비해 우리나라 석면 소비량은 수십 년 이후에 피크를 찍었고, 석면사용 금지의 경우 선진국에 비해 17년 뒤에 석면사용을 금지하였음.

29) Lin RT, Chang YY, Wang JD, Lee LJ. (2019). Upcoming epidemic of asbestos-related malignant pleural mesothelioma in Taiwan: A prediction of incidence in the next 30 years. J Formos Med Assoc 2019;118:463-70

〈표 2-3〉 성·연령별 대만 내 악성중피종 발생 건수, 조발생률, 연령적용률, 누적발생률 (1979-2013)

Group	Period	Number of cases (Age-specific incidence rate, per 100,000 person-year)						Age-standardized incidence rate, ^a per 100,000 person-year (0–99 years old)	Cumulative incidence rate, per 100,000 person-year (0–99 years old)
		0–19 years old	20–39 years old	40–59 years old	60–79 years old	80–99 years old	All age groups (0–99 years old)		
Males									
	1979–1983	2 (0.01)	1 (0.01)	10 (0.11)	9 (0.28)	1 (0.63)	23 (0.05)	0.07	20.81
	1984–1988	0 (0.00)	4 (0.02)	14 (0.16)	26 (0.61)	0 (0.00)	44 (0.09)	0.11	15.71
	1989–1993	3 (0.02)	7 (0.04)	14 (0.14)	29 (0.54)	6 (1.64)	59 (0.11)	0.13	47.52
	1994–1998	0 (0.00)	9 (0.05)	16 (0.14)	31 (0.53)	8 (1.44)	64 (0.12)	0.12	43.10
	1999–2003	0 (0.00)	11 (0.06)	26 (0.18)	46 (0.74)	7 (0.88)	90 (0.16)	0.15	37.22
	2004–2008	1 (0.01)	10 (0.05)	48 (0.29)	77 (1.20)	9 (0.77)	145 (0.25)	0.22	46.47
	2009–2013	0 (0.00)	8 (0.04)	76 (0.43)	106 (1.45)	21 (1.35)	211 (0.36)	0.28	65.52
Females									
	1979–1983	2 (0.01)	4 (0.03)	3 (0.04)	4 (0.14)	1 (0.39)	14 (0.03)	0.04	12.24
	1984–1988	2 (0.01)	1 (0.01)	11 (0.14)	14 (0.41)	1 (0.29)	29 (0.06)	0.08	17.01
	1989–1993	1 (0.01)	5 (0.03)	16 (0.17)	15 (0.36)	2 (0.42)	39 (0.08)	0.09	19.66
	1994–1998	1 (0.01)	1 (0.01)	6 (0.05)	15 (0.30)	2 (0.31)	25 (0.05)	0.05	13.57
	1999–2003	1 (0.01)	3 (0.02)	13 (0.09)	10 (0.17)	6 (0.71)	33 (0.06)	0.06	19.96
	2004–2008	0 (0.00)	4 (0.02)	16 (0.10)	24 (0.36)	5 (0.43)	49 (0.09)	0.07	18.18
	2009–2013	1 (0.01)	6 (0.03)	27 (0.15)	41 (0.51)	7 (0.44)	82 (0.14)	0.11	22.79

^a Adjusted using the World Health Organization's 2000–2025 world standard population.³⁰

○ 잠복기간을 25년부터 45년까지 다르게 하여 예측하였을 때 AIC 값이 31년에
서 가장 낮게 나옴.

- 잠복기간을 31년으로 하는 것이 가장 적절

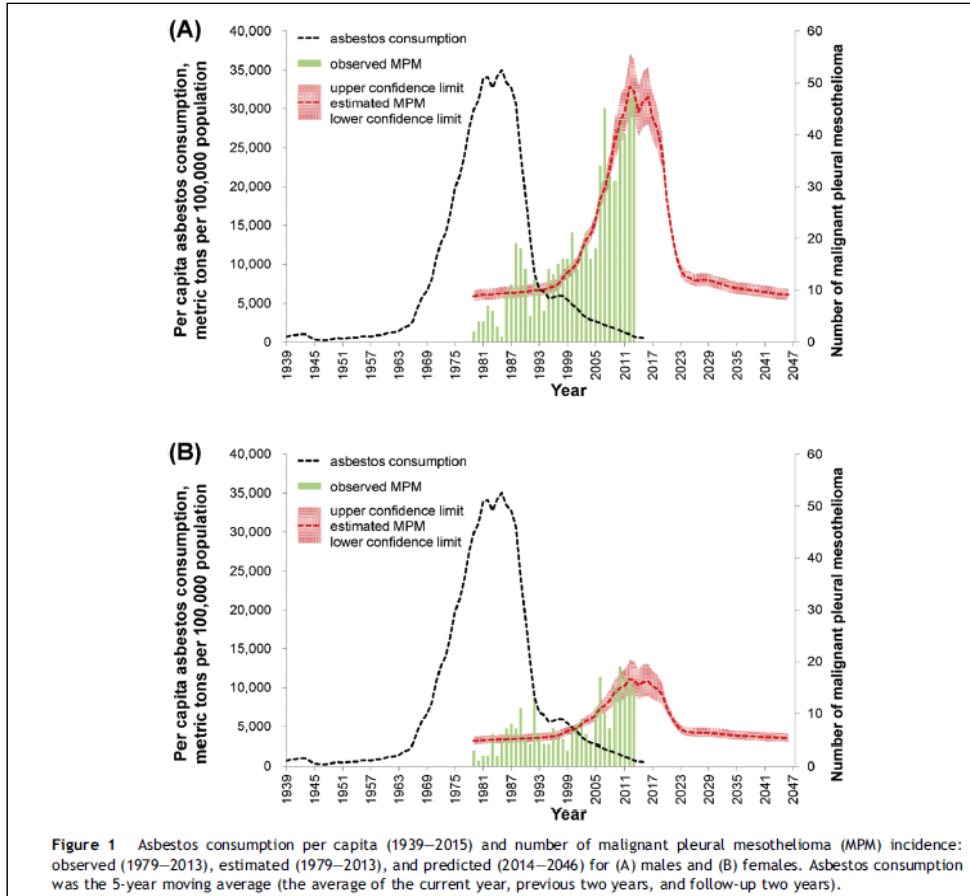
〈표 2-4〉 25-45년의 잠복기간의 모델 적합도

Models	Latency years	Observed and estimated period	Predicted period	AIC	Since 1979		Since 1995	
					Absolute difference ^a	Relative difference ^b	Absolute difference ^a	Relative difference ^b
Males								
1	25	1979–2013	2014–2040	264.1	5.6	61.8	6.8	27.1
2	30	1979–2013	2014–2045	236.2	4.6	67.5	4.8	19.9
3	31	1979–2013	2014–2046	234.2	4.2	67.7	3.9	16.6
4	32	1979–2013	2014–2047	237.0	4.4	70.8	4.2	17.4
5	33	1979–2013	2014–2048	244.3	4.8	74.6	4.8	19.0
6	34	1979–2013	2014–2049	249.2	4.9	77.1	5.0	18.4
7	35	1979–2013	2014–2050	251.3	4.8	79.6	4.7	17.4
8	36	1979–2013	2014–2051	260.4	5.1	83.6	5.1	18.2
9	37	1979–2013	2014–2052	272.6	5.4	87.6	5.4	18.7
10	38	1979–2013	2014–2053	279.3	5.4	90.4	5.2	17.7
11	39	1979–2013	2014–2054	284.3	5.8	94.3	5.6	19.2
12	40	1979–2013	2014–2055	300.6	6.1	99.4	6.0	19.5
13	45	1979–2013	2014–2060	294.4	7.1	116.4	6.8	20.7
Females								
1	25	1979–2013	2014–2040	191.4	3.0	57.3	3.4	47.8
2	30	1979–2013	2014–2045	179.3	2.3	49.9	2.1	31.7
3	31	1979–2013	2014–2046	177.9	2.3	50.3	2.2	31.5
4	32	1979–2013	2014–2047	178.6	2.4	51.2	2.3	31.7
5	33	1979–2013	2014–2048	178.6	2.4	51.3	2.3	31.0
6	34	1979–2013	2014–2049	177.9	2.4	51.7	2.4	30.5
7	35	1979–2013	2014–2050	179.1	2.5	53.3	2.5	31.5
8	36	1979–2013	2014–2051	182.0	2.5	55.5	2.5	32.3
9	37	1979–2013	2014–2052	183.2	2.6	57.2	2.6	32.3
10	38	1979–2013	2014–2053	183.9	2.6	58.5	2.6	31.3
11	39	1979–2013	2014–2054	186.3	2.6	60.0	2.6	31.5
12	40	1979–2013	2014–2055	191.4	2.8	63.2	2.8	33.2
13	45	1979–2013	2014–2060	169.4	3.1	47.3	3.2	38.8

AIC = Akaike's information criterion (AIC).
^a Absolute difference represents the average of absolute difference between numbers of estimated and observed incidence of malignant pleural mesothelioma.
^b Relative difference represents the average of absolute difference divided by the observed incidence of malignant pleural mesothelioma.

○ 잠복기간을 31년으로 하였을 때, 악성 흉막중피종 발생은 2012-2016년(남성), 2016-2020년(여성)에 최고조에 이를 것으로 예상됨. 2017-2046년에 악성 흉막중피종 발생을 총 659건으로 예측함. 결론적으로 대만의 석면 관련 질환 발생은 2012-2020년에 절정에 이를 것으로 보이며, 향후 30년간 약 659건의 새로운 질환 발생이 예측됨.

[그림 2-11] 성별 1인당 석면 소비량(1939-2015), 악성흉막중피종 발생 건수



주 1) (A)-남성, (B)-여성

2) 관찰된 악성흉막중피종 발생 건수(1979-2013), 예측된 악성흉막중피종 발생건수(2014-2046)

□ Ferrante et al.(2017)³⁰⁾

○ 이탈리아 석면 코호트 51,801명(이 중 여성은 5,741명)을 대상으로 악성중피종 사망률을 예측하고자 함. 참고로 이탈리아는 1992년에 석면 금지가 이루어졌음.

30) Ferrante D, Chellini E, Merler E, et al. (2017). Italian pool of asbestos workers cohorts: mortality trends of asbestos-related neoplasms after long time since first exposure. *Occup Environ Med* 2017;74:887-98.

- 대상자의 42.6%는 연구 당시 사망한 상태였음. 표준화사망률(SMR)은 1970-2010년 기간에 대해 계산하였는데, SMR은 유의미하게 증가하였음. 모든 사망(남성: 1.05, 95% CI: 1.03~1.06; 여성: 1.17, 95% CI: 1.12~1.22), 모든 악성종양 결합(남성: 1.17, 95% CI: 1.14~1.20; 여성: 1.33, 95% CI: 1.24~1.43), 흉막 종양(남성: 13.28, 95% CI: 12.24~14.37; 여성: 28.44, 95% CI: 23.83~33.69), 복막 종양(남성: 4.77, 95% CI: 4.00~5.64; 여성: 6.75, 95% CI: 4.70~9.39), 폐(남성: 1.26, 95% CI: 1.21~1.31; 여성: 1.43, 95% CI: 1.13~1.78), 난소암(1.38, 95% CI: 1.00~1.87), 석면폐증(남성: 300.7, 95% CI: 270.7~333.2; 여성: 389.6, 95% CI: 290.1~512.3) 종합하면, 폐, 난소, 흉막, 복막의 암 발생 위험이 증가했음.
- 흉막암 발생률은 노출 이후 40년이 되는 시점까지 증가했고 이후 편평하게 유지됨.
 - 잠복기간 40년

〈표 2-5〉 이탈리아 석면 코호트 연구 계산 결과

Duration of employment (years)												
TSFE	0-9			10-19			20-29			30+		
Causes of death	Observed	Expected	SMR (95% CI)	Observed	Expected	SMR (95% CI)	Observed	Expected	SMR (95% CI)	Observed	Expected	SMR (95% CI)
<i>Pleural neoplasm</i>												
0-9	0	0.73	—									
10-19	9	1.71	5.27 (2.41 to 10.01)	12	1.59	7.82 (4.04 to 13.66)						
20-29	39	3.92	9.95 (7.07 to 13.80)	34	2.54	13.39 (9.28 to 18.72)	24	2.30	10.45 (6.70 to 15.55)			
30-39	89	5.75	15.48 (12.43 to 19.05)	68	3.80	17.89 (13.89 to 22.67)	71	4.33	16.40 (12.81 to 20.69)	21	1.34	15.72 (9.73 to 24.03)
40-49	74	5.68	13.03 (10.23 to 16.35)	52	2.48	21.00 (15.68 to 27.59)	81	4.21	19.25 (15.29 to 23.93)	36	2.19	16.47 (11.53 to 22.80)
50+	31	2.60	11.93 (8.10 to 16.93)	18	1.10	16.36 (9.69 to 25.85)	37	1.95	18.96 (13.35 to 26.13)	49	2.59	18.95 (14.02 to 25.06)
<i>Parietal neoplasm</i>												
0-9	1	1.31	0.76 (0.02 to 4.28)									
10-19	0	1.84	—	2	1.78	1.13 (0.14 to 4.07)						
20-29	8	3.02	2.65 (1.14 to 5.22)	4	2.15	1.86 (0.51 to 4.77)	5	2.30	2.17 (0.71 to 5.07)			
30-39	11	3.59	3.07 (1.53 to 5.48)	10	2.23	4.49 (2.16 to 8.27)	14	3.01	4.65 (2.54 to 7.81)	2	1.27	1.58 (0.19 to 5.70)
40-49	13	2.44	5.32 (2.83 to 9.09)	10	1.20	8.32 (3.99 to 15.30)	27	2.03	13.33 (8.79 to 19.40)	12	1.43	8.39 (4.33 to 14.65)
50+	5	1.08	4.64 (1.51 to 13.83)	18	0.51	35.62 (21.1 to 56.3)	11	1.05	10.47 (5.23 to 18.73)	18	1.45	12.42 (7.36 to 19.63)
<i>Lung neoplasm</i>												
0-9	34	45.85	0.74 (0.51 to 1.04)									
10-19	116	92.60	1.25 (1.03 to 1.50)	71	88.36	0.80 (0.63 to 1.01)						
20-29	215	166.06	1.30 (1.13 to 1.48)	179	125.36	1.43 (1.23 to 1.65)	137	130.73	1.05 (0.88 to 1.24)			
30-39	249	198.57	1.25 (1.10 to 1.42)	223	138.28	1.61 (1.41 to 1.84)	269	191.4	1.41 (1.24 to 1.58)	84	82.70	1.02 (0.81 to 1.26)
40-49	202	156.80	1.29 (1.12 to 1.48)	110	72.94	1.51 (1.24 to 1.82)	170	139.76	1.22 (1.04 to 1.41)	118	106.68	1.09 (0.90 to 1.30)
50+	77	64.38	1.20 (0.94 to 1.48)	49	28.38	1.73 (1.28 to 2.28)	65	52.73	1.23 (0.95 to 1.57)	125	89.56	1.40 (1.16 to 1.66)

Number of observed deaths, SMR and 95% CI by duration of employment and time since first exposure for selected causes of death, for the total of men and women.

□ Kim et al.(2016)

- 석면 노출과 질병으로 인한 사망 사이의 시차는 33년, 영향 기간은 4년(AIC와 BIC를 통해 값이 가장 작은 최적 모형을 추론)
 - 잠복기간 37년

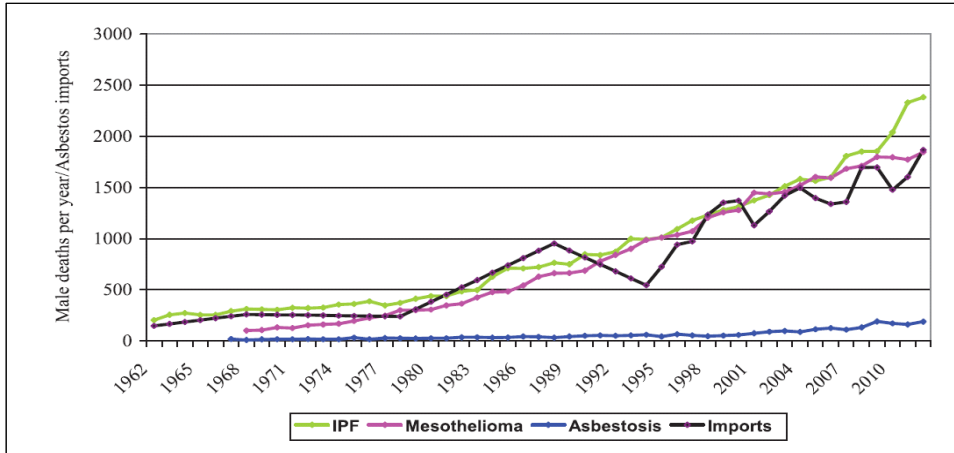
□ Barber et al.(2016)³¹⁾

- 영국에서 석면 수입 자료와 사망률과의 연관성을 조사함. 사망률 자료는 통계청, 영국 석면 수입 자료는 보건안전국에서 수집함. 남녀를 구분하여 분석하였고, 48년 전 영국 석면 수입과 연간 사망자 수를 선형회귀모형을 통해 연관성을 확인함.
- 남녀 모두에서 중피종과 특발성 폐 섬유화의 경우, 석면 수입량과 연관성이 있었음. 석면폐증의 경우, 남성에서는 석면 수입과 연관성이 있었지만 여성에서는 연관이 없었음.
- 특발성 폐 섬유화와 중피종으로 인한 사망자 수와 비교했을 때 석면폐증으로 인한 연간 사망자수는 남녀 모두에서 더 작았음. 특발성 폐 섬유화에서 석면폐증을 분리하여 진단하는 것은 어렵다는 것을 말해주며, 전 생애에 있어 석면 노출을 평가하는 좀 더 정확한 방법이 필요하다고 강조함.
 - 잠복기간 48년(Antao et al.(2009)³²⁾ 논문에서 나온 48년의 잠복기간을 인용함)

31) Barber CM, Wiggans RE, Young C, Fishwick D. (2016). UK asbestos imports and mortality due to idiopathic pulmonary fibrosis. *Occup Med (Lond)* 2016;66:106-11

32) Antao VC, Pinheiro GA, Wassell JT. (2009) Asbestosis mortality in the USA: facts and predictions. *Occup Environ Med* 2009;66:335-8

[그림 2-12] 영국 내 석면폐증, 중피종, 폐섬유화로 인한 남성 사망률과 석면 수입량



〈표 2-6〉 석면 수입량 관련 성별 악성중피종, 석면폐증, 폐섬유화로 인한 연간 사망자수 회귀분석 결과

Table 1. Regression analyses for annual number of deaths due to mesothelioma (meso), asbestosis and IPF in males (m) and females (f) versus historical asbestos imports 48 years earlier

	<i>n</i>	B_0 (95% CI)	SE	<i>P</i> value	B_1 (95% CI)	Adjusted R^2	<i>P</i> value
Meso (m)	45	-100 (-203 to 3)	51	0.06	0.011 (0.010 to 0.012)	0.91	< 0.001
Meso (f)	44	-15 (-38 to 7)	11	0.17	0.002 (0.002 to 0.002)	0.87	< 0.001
Asbestosis (m)	46	-10 (-23 to 4)	7	0.16	0.001 (0.001 to 0.001)	0.76	< 0.001
Asbestosis (f)	45	5 (4 to 6)	1	<0.001	0.000 (0.000 to 0.000)	0.00	NS
IPF (m)	51	19 (-68 to 106)	43	0.66	0.011 (0.010 to 0.012)	0.92	< 0.001
IPF (f)	51	20 (-29 to 69)	25	0.42	0.007 (0.006 to 0.008)	0.93	< 0.001

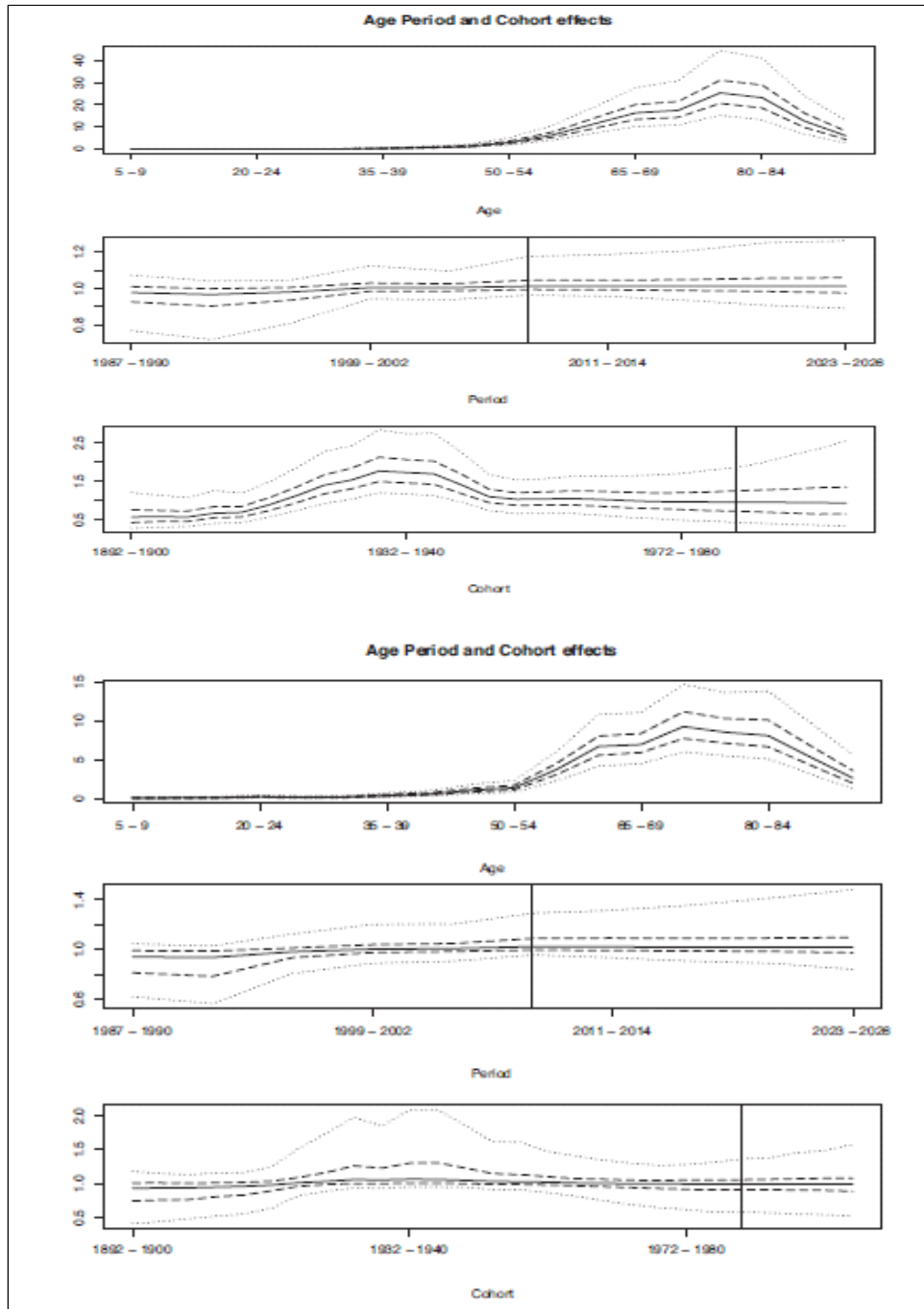
B_0 , intercept of regression line; B_1 , slope of regression line; *n*, number of years included in the analysis; regression model: number of deaths = $B_0 + B_1 \times$ national asbestos imports 48 years earlier (in hundreds of tonnes); SE, standard error.

□ Girardi et al.(2014)³³⁾

- 이탈리아에서 석면 노출과 흉막 악성중피종 발병률 사이의 잠복기를 평가하였음. 기존 연구결과들에서는 30-40년이라고 함. 참고로 이탈리아에서는 1992년 석면이 금지됨.
- 결과를 보면, 1987-2010년 동안 악성중피종이 총 1,600건이 발생했음. 1940-1945년 사이에 태어난 코호트에서 발병률이 가장 컸음. 질병 발생을 예측하였을 때, 2010년 발병률이 최고점에 도달한 후 이 추세가 감소할 것으로 예측됨. 그럼에도 불구하고 2011년부터 2026년 사이에 1,234명의 남성들에서 악성중피종에 걸릴 것으로 예상됨. 여성들에서는 악성중피종 발생이 비슷하게 유지되어 가거나 약간 감소할 것으로 보임.

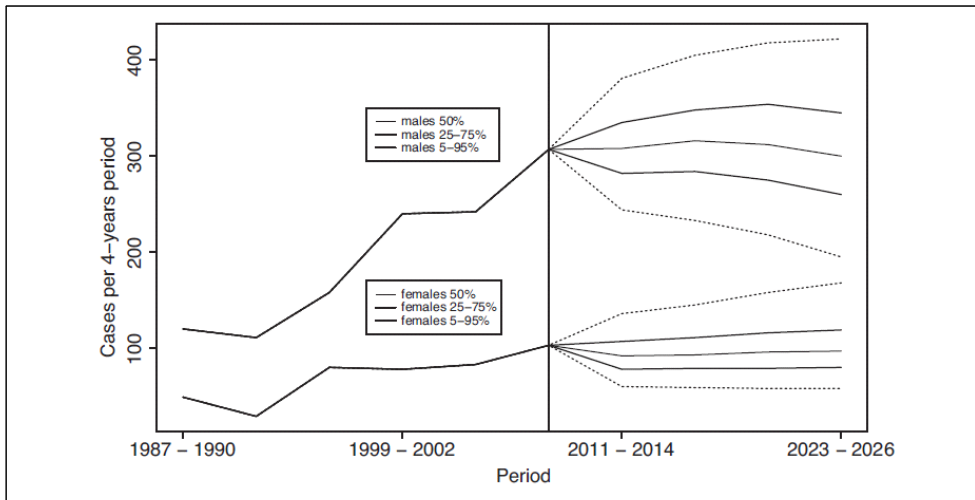
33) Girardi P, Bressan V, Merler E. (2014). Past trends and future prediction of mesothelioma incidence in an industrialized area of Italy, the Veneto Region. Cancer Epidemiol 2014;38:496-503

[그림 2-13] 성별 APC 효과 모형



- 위험도가 가장 높은 연령층은 74-79세, 발생 시기는 2026년까지도 약간 증가함을 나타냈음(계속적으로 발생한다는 의미). 남성의 경우 1930-1955년생에서 발생 위험도가 높았는데 그 중 1940-1944년생이 가장 높았음.

[그림 2-14] 성별 흉막악성중피종 발생 건수



주: 2010년까지는 관찰값이며, 2011년부터는 예측 결과값임.

- 남성에서는 2010년에 발병률이 최고점에 도달한 것으로 추정되었지만 이 후에도 크게 떨어지지 않고 2026년까지 평평한 모습을 가지며 질병이 발생하는 것으로 예측됨. 여성에서는 오히려 약간 증가할 것으로까지 예측됨. 2011-2026년에 예상되는 악성중피종 질환자 총 수는 남성에서 1,234명, 여성에서 378명으로 예측.

○ 악성중피종의 잠복기간이 매우 길기 때문에 그 영향을 아직 다 관측할 수 없다는 의미로 해석.

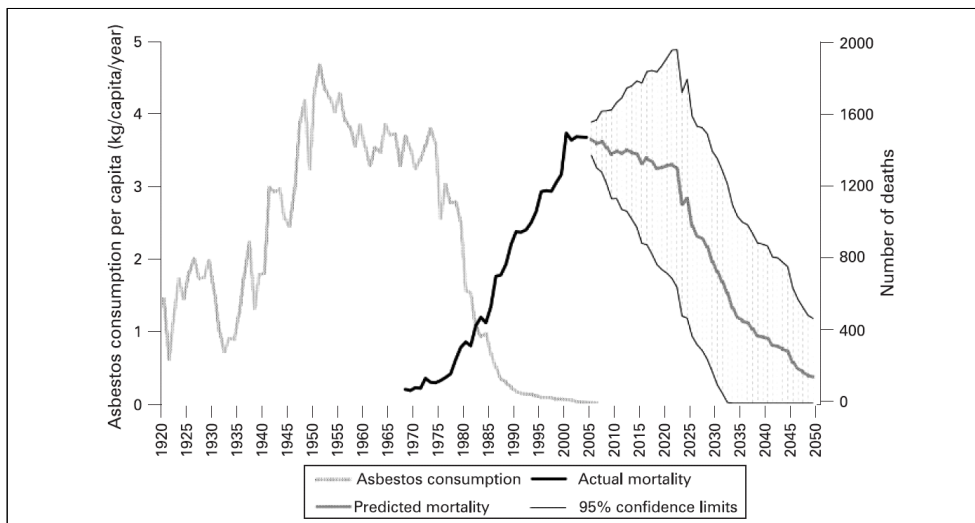
□ Antao et al.(2009)

○ 미국에서 석면 소비와 석면폐증 사망률과의 연관성을 분석하였음. 1인당 석면

소비량(1900-2006)과 석면폐증으로 인한 사망자 수(1968-2004) 사이의 연관성을 분석하였는데, 이때 잠복기간은 30년에서 60년까지 고려하여 AIC에 따라 적합도를 평가함.

- 분석 결과를 보면, 1인당 석면 소비량은 1951년 정점에 이르렀다가 1973년까지 점차 감소하다가 이후 급격히 감소하기 시작했음. 2006년에는 0.0075 kg/인/년이었음. 1968-2004년 동안 25,564명의 사망자가 발생하였음. 1968-2004년 석면폐증으로 인한 사망에 대한 최적 모델은 48년 전 석면 소비량을 사용했을 때였고, 이 모델은 2005~2027년 동안 연간 1,290명 사망하여 총 29,667명(95% CI: 629~39,705)이 사망할 것으로 예측했음.
- 결론적으로 이 연구는 석면 소비와 석면폐증으로 인한 사망 사이의 명확한 연관성을 보여주었으며, 또한 석면폐증으로 인한 사망이 향후 10년에서 15년 사이에 급격히 감소하지 않을 것이라는 예측을 함.
 - 석면 소비의 피크 지점(1951년)과 예측된 질병 발생 피크 지점(2020-25년)과의 간극은 70년임.

[그림 2-15] 미국 내 1인당 석면 소비 및 석면폐증 사망률의 연관성



제3절 석면피해자 발생 및 기금 소요 예측에 대한 선행 연구

가. 석면사용량을 활용한 석면피해자 발생 예측 연구

□ 우리나라의 석면질환자를 석면사용량을 기준으로 프랑스 및 일본의 통계기준을 가지고 적용하면 미래 환자예측을 포함하여 악성중피종은 11,760명, 석면폐증은 9,408명 정도로 추정

○ 1. 석면 총 사용량: 200만 톤 추정

○ 2. 석면질환자 추정

- ① 악성중피종 발생: 11,760명 (1명/170톤 당)

- 연간 최고 520명 발생

- ② 석면 폐암 : 11,760명(악성중피종률과 동일)

- 일본: 악성중피종의 30%

- 프랑스: 악성중피종의 200%

- ③ 석면폐증 : 9,408명

- 프랑스: 악성중피종의 80%

- ④ 석면 흉막질환 : 117,600명

- 프랑스: 악성중피종 발생의 10배

□ 우리나라에 적용해 보면 과거 연간 7-8만 톤의 사용량인 경우 연간 400-500명의 환자발생이 추정되며, 약 35년간의 잠복기를 고려한다면 2020년 이후가 최고 환자발생 시점으로 추정가능.

○ 사용량에 따른 추계

- 석면사용량을 기준으로 악성중피종 발생 추정 : 석면 170톤당 1명 발생 (Antti Tossavainen(2005))

○ 그러나 우리나라는 일본이나 유럽과 달리 백석면이므로 실제 발생은 30-50% 정도로 추정하는 것이 더 타당할 수 있음.

□ 석면폐암 및 석면폐증의 연간 발생률에 대하여서는 각 나라마다 인정기준이 달라 단순비교가 어려우나, 2011년 환자발생, 일본 및 프랑스의 경우를 참고하여 연간 환자발생수를 악성중피종과 비교하여 추정함.

〈표 2-7〉 석면 사용량을 기준으로 한 악성중피종 발생 추정치

(단위: 톤)

연도	석면원재료 수입량(톤)	석면생산량	석면제품 수입량	석면사용 총량 (석면제품: 10%석면)	악성중피종 추정치 (1명/ 170톤)	석면농도 (방직)	환자 발생 (잠복기: 35년)
1956	200,000	8,902		208,902	1,229		1991
1967	50,000	2,388		52,388	308		2002
1969	50,000	6,515		56,515	332		2004
1970	60,000	1,513		61,513	362		2005
1975	60,000	4,335		64,335	378	11-94	2010
1976	74,206	4,762		78,968	465		2011
1977	70,225	6,180		76,405	449		2012
1978	48,898	13,616		62,514	368		2013
1979	58,610	14,804		73,414	432		2014
1980	36,787	9,854		46,641	274		2015
1981	53,787	13,614		67,401	396		2016
1982	44,038	15,933		59,971	353		2017
1983	60,896	12,506		73,402	432		2018
1984	59,693	8,062		67,755	399	6.28	2019
1985	57,143	4,703		61,846	364		2020
1986	68,017	2,983		71,000	418		2021
1987	77,598	2,518		80,116	471	5.01	2022
1988	87,470	2,428		89,898	529		2023
1989	77,475	2,351		79,826	470		2024
1990	74,549	1,534		76,083	448		2025
1991	88,753	0		88,753	522	3.11	2026
1992	95,476	0		95,476	562		2027
1993	82,854	0		82,854	487		2028
1994	83,276	0		83,276	490	1.72	2029
1995	88,722	0	7,932	89,515	527		2030
1996	77,145	0	8,015	77,946	459		2031
1997	44,985	0	9,143	45,899	270		2032
1998	29,619	0	5,009	30,119	177		2033
1999	32,519	0	9,790	33,498	197		2034
2000	28,972	0	12,974	30,269	178		2035
2001	26,307	0	18,844	28,191	166		2036
2002	21,503	0	24,690	23,972	141		2037
2003	22,094	0	33,234	25,417	150		2038
2004	14,636	0	39,889	18,624	110		2039
2005	6,476	0	47,967	11,272	66		2040

자료: 김동일, 심상효, 홍정연, 김화정, 최호영. (2012). 석면피해 구제 급여 지급액 개선방안 연구. 한국환경공단·성균관대학교.

□ 분석 방법

○ 시계열 분석: 자기회귀이동평균 과정(ARIMA 모델; auto-regressive moving average model)을 지정하여 모델을 선택

○ 자료원

- 환경공단접수자료
- 통계청 사망통계자료(C450-C459, C34, J61, J841, J920))
- 건강보험심사평가원 자료(C45, C34, J61, J920, J92)
- 암등록자료(악성종양)

○ 2012년부터 환자통계는 암등록자료를 근거로 시계열 분석하여 환자 추계

□ 사망자 추이는 환자 발생자수를 근거로 악성종양 및 폐암은 생존기간을 1년으로, 석면폐증 1급 및 미만성 흉막비후는 5년, 석면폐증 2-3급은 10년을 기준으로 산정함.

□ 석면관련 질환 대상자 수의 산정은 악성종양의 암등록자료를 근거로 시계열분석 방법을 사용하여 향후 5년간 환자추계를 하였으며, 폐암 및 석면폐 발생자수는 악성종양 발생자수의 각각 50% 및 100%로 추계하였다. 특별유족급여의 연간 추정액은 매년 20%씩 감소하여 5년 후에는 현재의 10% 정도 소요되는 것으로 추정함.

○ 폐암의 경우, 악성종양 발생률의 50%로 추정

○ 석면폐증의 경우, 악성종양의 100%로 추정

〈표 2-8〉 현행 기준 적용 시 연간 석면구제법 대상자 수 추정치(사망자 제외)

(단위: 명)

연도	악성종피종	폐암	석면폐증	
			해당년도	해당년+전년도 (24개월 생존)
과거누계	82	12	155	155
2012	97	49	97	252
2013	102	51	102	199
2014	107	54	107	209
2015	113	57	113	220
2016	118	59	118	231
2017	123	62	123	241
계 (‘13-’17)	563	283	563	1,100

주: 석면질환 누적발생률은 악성종피종:석면폐암:석면폐증의 발생을 1:0.5:1의 비율로 가정
 자료: 김동일 외(2012)

〈표 2-9〉 악성중피종 발생 시계열 분석

(단위: 명)

연도	통계청 사망자료 활용		암통계 자료 활용					
	남	여	외래환자	암등록 사업	사망자료	구제법		
						진단	사망	계
1996	15	9	61	44	23	-	2	2
1997	16	7	96	58	24	-	3	3
1998	14	10	78	44	23	-	-	-
1999	12	4	67	44	16	-	1	1
2000	16	5	68	55	21	-	2	2
2001	16	8	65	44	24	-	10	10
2002	17	10	53	52	27	-	21	21
2003	24	10	61	73	34	-	18	18
2004	25	11	50	79	36	-	27	27
2005	30	15	141	75	45	1	26	27
2006	38	19	147	93	57	4	27	37
2007	42	16	152	78	58	2	38	40
2008	50	18	179	93	68	5	50	55
2009	40	29	182	78	69	11	37	48
2010	44	26	205	92	70	35	38	75
2011	46	30	215	97	74	37	19	56
2012	48	33	226	102	78	-	-	-
2013	50	36	236	107	81	-	-	-
2014	52	39	246	113	84	-	-	-
2015	54	43	256	118	88	-	-	-
2016	56	46	267	123	91	-	-	-
2017	58	49	277	128	94	-	-	-
2018	61	52	287	133	98	-	-	-
2019	63	55	298	139	101	-	-	-
2020	65	58	308	144	105	-	-	-
2021	67	61	318	149	108	-	-	-
2022	69	64	328	154	111	-	-	-
2023	71	68	339	159	115	-	-	-
2024	73	71	349	164	118	-	-	-
2025	75	74	359	170	121	-	-	-
2026	77	77	370	175	125	-	-	-
2027	79	80	380	180	128	-	-	-
2028	81	83	390	185	131	-	-	-
2029	83	86	400	190	135	-	-	-
2030	85	89	411	195	138	-	-	-

자료: 김동일 외(2012) pp.116, pp.122

나. trend analysis를 적용한 석면피해자 발생 분석

- 전용일 외(2014)³⁴⁾의 연구에서는 영국자료를 활용하여 우리나라의 악성중피종 발생자수를 예측하였고, 석면폐증 발생자수는 충청지역 석면폐증 검사현황 자료를, 그리고 석면폐증은 석면폐암발생의 위험도를 적용하여 산출함.

〈표 2-10〉 연구방법 요약

구분	연구방법
악성중피종	<ul style="list-style-type: none"> - 암등록자료 활용 - 영국의 자료를 활용하여 분석한 결과와 비교: 우리나라의 악성중피종 발생자수(백만명당 발생자수)를 예측 - 기본적으로 시간의 변수(Time)를 사용하되 추가로 시간의 제곱(Time Square)을 변수 백만명당 추계된 악성중피종 환자수를 통계청의 장래인구추계 자료와 접목하여, 우리나라의 악성중피종 실제 환자수를 산출 - 전체 악성중피종 발생자수에서 산재 및 기타암에서 전이된 환자수를 차감하여 석면피해구 제법 대상 악성중피종 인정자수를 예측
석면폐증	<ul style="list-style-type: none"> - 충청지역 석면폐증 검사현황 자료 - 예측된 검진자 수에 석면폐증인정률(충청지역: 6.26%, 양산 및 기타지역: 2.08%) 적용
석면폐암	<ul style="list-style-type: none"> - 석면폐증을 앓고 있는 사람의 석면폐암발생의 위험도(2.3배~9.0배) - 석면폐증을 앓지 않는 사람의 석면폐암 발생: 2011년부터 2014년까지의 4년간 석면폐증에 기인한 폐암 환자수와 실제 구제법 인정자수 차이의 중위수 적용
특별유족	<ul style="list-style-type: none"> - 2015년 이후에는 해당년도의 1년 전과 2년 전의 특별유족 평균 인정건수의 90% 수준으로 줄어들 것으로 가정

1) 악성중피종 발생자수 예측

□ 석면건강피해자 발생예측

- 기존의 석면피해인정자를 대상(2011년~2014년)으로 석면노출력을 분석한 결과를 활용하여 석면 관련 질병별 피해자 규모를 2030년까지 예측
- (자료원) 통계청 사망 자료, 암등록 자료, 악성중피종 감시체계 자료
 - 통계청 사망 자료: 악성중피종의 사망률 제공. 악성중피종의 평균 생존기간이 12개월이라는 점에서 사망률 뿐 아니라 발생률을 추정할 수 있는 자료이나, 악성중피종 환자라 하더라도 석면 질환으로 사망하지 않을 가능성이 있

34) 전용일·김형렬·김인아·임두빈 외. (2014). 석면피해구제기금 중장기 소요 예측 및 운영 개선방안 연구. 환경부·한국고용복지지원금연구원

고, 실제 사망 자료에 등록된 사인이 악성중피종이 아닐 수 있다는 한계가 있음.

- 악성중피종 감시체계 자료: 감시체계 자료는 보고자에 의해 보고된 자료만을 구축되므로, 보고되지 않은 자료는 파악되지 않는 한계가 있음. 전국의 5개 종합병원을 대상으로 실제 병원에서 진단된 사례 중 감시체계에 보고된 건수가 50~60% 수준에 머무르는 것으로 확인됨.
- 따라서 이 연구에서는 실제 발생 규모를 추정할 수 있는 암등록 자료를 활용함.
- 암등록 자료를 살펴보면, 1996년에 44명 등록된 이후, 2011년에 111명으로 증가

〈표 2-11〉 악성중피종 발생자수

(단위: 명, 백만 명당)

연도	환자수	비율
1996	44	0.97
1997	58	1.26
1998	44	0.95
1999	44	0.94
2000	55	1.17
2001	44	0.93
2002	52	1.09
2003	73	1.53
2004	79	1.64
2005	75	1.56
2006	93	1.93
2007	78	1.61
2008	111	2.27
2009	92	1.87
2010	106	2.15
2011	111	2.19

자료: 암등록 자료

○ (분석 방법) 영국의 경우 1979년부터 2011년까지 장기 시계열 자료가 구축되어 있어, 영국자료를 활용하여 우리나라의 악성중피종 발생자수를 예측

- (분석모형) 영국의 악성중피종 백만 명당 발생자수를 보면, 선형적인 증가 추세와 볼록성을 띠는 증가추세가 동시에 확인됨. 따라서 기본적으로 시간

의 변수(Time)를 사용하되 추가로 시간의 제곱(Time Square)을 변수로 사용하여 2050년까지 영국의 악성중피종 발생자수를 추계함.

- (분석결과) 영국의 악성중피종 환자가 선형적으로 증가한다고 보면, 과거 추세로 봤을 때, 2030년 백만 명당 50명으로 증가하며, 환자가 비선형적으로 증가하면, 현재 추세가 일정수준 유지되다, 2030년경부터 악성중피종 발생자수가 완만하게 감소할 것으로 예상됨.

〈표 2-12〉 악성중피종 발생자수 예측을 위한 모형 분석 및 결과: 영국의 경우

(단위: 백만 명당)

선형모형				비선형모형			
변수명	계수	SE	Prob.	변수명	계수	SE	Prob.
상수	-1720.59	66.22288	0.0000	상수	-61143.9	11472.9	0.0000
time	0.872326	0.033194	0.0000	time	60.44597	11.50183	0.0000
				time제곱	-0.01493	0.002883	0.0000

연도	선형모형 (백만명당)	비선형모형 (백만명당)	연도	선형모형 (백만명당)	비선형모형 (백만명당)
2011	28.00	28.00	2031	51.10	33.10
2012	34.53	31.57	2032	51.97	32.89
2013	35.40	31.92	2033	52.85	32.64
2014	36.27	32.23	2034	53.72	32.36
2015	37.14	32.52	2035	54.59	32.05
2016	38.02	32.79	2036	55.46	31.72
2017	38.89	33.02	2037	56.33	31.35
2018	39.76	33.22	2038	57.21	30.95
2019	40.63	33.39	2039	58.08	30.53
2020	41.51	33.53	2040	58.95	30.07
2021	42.38	33.64	2041	59.82	29.58
2022	43.25	33.72	2042	60.70	29.07
2023	44.12	33.77	2043	61.57	28.52
2024	44.99	33.79	2044	62.44	27.95
2025	45.87	33.78	2045	63.31	27.34
2026	46.74	33.74	2046	64.19	26.70
2027	47.61	33.68	2047	65.06	26.04
2028	48.48	33.58	2048	65.93	25.34
2029	49.36	33.45	2049	66.80	24.62
2030	50.23	33.29	2050	67.67	23.86

자료: 전용일 외(2014)

- (결과의 해석) 영국의 장기간 시계열자료를 보면, 악성중피종 백만 명당 발생자수가 지속적으로 증가(선형형태)하고 있음. 우리나라는 아직까지 영국의 초기 단계에도 이르지 못하였으므로, 한국의 악성중피종 백만 명당 발생자수는

지속적으로 선형적인 형태로 증가할 것으로 예측.

○ (우리나라의 경우) 시간제곱 변수가 유의하지 않아, 선형으로 증가할 것으로 전망.

- 2011년 백만 명당 2.19명에서 10년 후인 2021년에는 백만 명당 3.09명으로 증가하고, 20년 후인 2031년에는 백만 명당 3.99명으로 증가할 것으로 예상

〈표 2-13〉 악성중피종 발생자수 예측을 위한 모형 분석 및 결과: 우리나라의 경우

(단위: 백만 명당)

선형모형				비선형모형			
변수명	계수	SE	Prob.	변수명	계수	SE	Prob.
상수	-179.87	22.8523	0.0000	상수	13551.46	10948.45	0.2377
time	0.0905	0.0114	0.0000	time	-13.6169	10.929	0.2348
				time제곱	0.00342	0.0027	0.2319

연도	선형모형 (백만명당)	비선형모형 (백만명당)	연도	선형모형 (백만명당)	비선형모형 (백만명당)
2011	2.19	2.19	2031	3.99	6.51
2012	2.27	2.45	2032	4.08	6.79
2013	2.36	2.60	2033	4.17	7.08
2014	2.45	2.76	2034	4.26	7.37
2015	2.54	2.92	2035	4.36	7.68
2016	2.64	3.10	2036	4.45	7.99
2017	2.73	3.28	2037	4.54	8.30
2018	2.82	3.46	2038	4.63	8.63
2019	2.91	3.66	2039	4.72	8.96
2020	3.00	3.86	2040	4.81	9.29
2021	3.09	4.06	2041	4.90	9.64
2022	3.18	4.28	2042	4.99	9.99
2023	3.27	4.50	2043	5.08	10.34
2024	3.36	4.72	2044	5.17	10.71
2025	3.45	4.96	2045	5.26	11.08
2026	3.54	5.20	2046	5.35	11.46
2027	3.63	5.45	2047	5.44	11.84
2028	3.72	5.70	2048	5.53	12.23
2029	3.81	5.96	2049	5.62	12.63
2030	3.90	6.23	2050	5.71	13.04

자료: 전용일 외(2014)

○ (통계청 장래인구추계자료와 연계) 인구추계를 적용하면 악성중피종 환자 수는 2015년에 129명, 2030년에 203명 발생할 것으로 전망

〈표 2-14〉 우리나라의 악성중피종 발생자수 예측 결과

연도	발생자수(명)	연도	발생자수(명)
2015	129	2023	169
2016	134	2024	174
2017	139	2025	179
2018	144	2026	184
2019	149	2027	189
2020	154	2028	194
2021	159	2029	199
2022	164	2030	203

자료: 전용일 외(2014)

□ 악성중피종 발생자 중 석면피해구제법 대상자 수 추계

- 한국의 전체 악성중피종 발생자수 예측치에서 석면피해구제법 대상 악성중피종 인정자수를 한 번 더 예측하는 과정을 수행
- 즉, 산업재해보상보험법 적용대상자이거나 기타 석면에 의한 직접적 연관성 없이 기타 암에서 전이된 환자수를 제외
- 가정: 차이=타법적용 대상자 또는 기타 암 전이 환자 수
 - 과거 4년간 발생한 차이의 평균값을 적용
 - 가정: 이후 기간에 발생하는 타법적용 대상자 또는 기타 암 전이 환자 수는 매년 1명씩 증가

〈표 2-15〉 악성중피종 발생자수 및 인정자수 추계 결과

	악성중피종 전체 발생자수	악성중피종 인정자수	차이	4년간 차이의 평균
2011	109	82	27	56.5
2012	114	72	42	
2013	119	44	75	
2014	124	42	82	

자료: 전용일 외(2014)

〈표 2-16〉 우리나라의 석면피해구제급여 적용 대상 악성중피종 신규 인정자수 예측 결과

연도	발생자수(명)	연도	발생자수(명)
2015	63	2023	95
2016	67	2024	99
2017	71	2025	103
2018	75	2026	107
2019	79	2027	111
2020	83	2028	115
2021	87	2029	119
2022	91	2030	122

자료: 전용일 외(2014)

2) 석면폐증 발생자수 예측

□ 정부는 건강영향조사를 등을 통해 피해지역을 집중적으로 발굴하고, 찾아가는 서비스를 통해 검진을 확대하고 있음.

○ 석면폐증에 관심 있는 사람들이 검진에 빨리 응하는 경우가 많아져, 시간이 흐르면서 석면폐증 발생률이 아주 낮아질 가능성이 있음.

〈표 2-17〉 석면 피해지역에 대한 석면폐증 환자 수

검진연도	검진대상	대상자수	검진 수검자수	석면폐증 환자수
2009년	1km 이내	9,084	4,057	-
	소계	9,084	4,057	-
2010년	2km이내	-	3,948	-
	과거 충남도 광산거주자 중 타지역이주민	-	736	-
	소계	30,287	4,684	131
2011년	태안 1~2km	-	82	-
	아산 브레이크공장 1km	-	73	-
	소계	246	155	117
2012년	당진채석장 1km	-	145	-
	석면광산 1km	6,683	1,036	-
	과거석면하역장 주변 1km	-	123	-
	소계	7,440	1,304	162
2013년	과거 석면하역장 주변 1~2km	-	128	-
	석면광산 2km	12,728	1,972	-

자료: 전용일 외(2014)

□ (분석 방법) 충청지역과 양산 및 기타지역을 중심으로 이루어 질 것으로 판단되며, 2015년 검진자 수는 충청지역은 2,500명, 양산 및 기타지역은 2,500명에 이를 것으로 가정

○ 양산 및 기타지역은 충청지역의 석면폐증 인정률 6.26%의 1/3 수준인 2.08%로 가정

□ (분석결과) 석면폐증 검진자 수는 향후 점차적으로 감소하여 2030년에는 각 지역별로 1,000여명에 이를 것으로 판단됨.

□ 예측된 검진자 수에 석면폐증 인정률(충청지역: 6.26%, 양산 및 기타지역: 2.08%)을 곱하면 석면폐증 인정자수를 추계할 수 있음.

〈표 2-18〉 석면폐증 인정자수 추계

연도	조사		석면폐증 인정자		계
	충청	양산 및 기타	충청	양산 및 기타	
2015	2,500	2,500	157	52	209
2016	2,500	2,500	157	52	209
2017	2,200	2,200	138	46	184
2018	2,200	2,200	138	46	184
2019	2,000	2,000	125	42	167
2020	2,000	2,000	125	42	167
2021	1,800	1,800	113	37	150
2022	1,800	1,800	113	37	150
2023	1,600	1,600	100	33	133
2024	1,600	1,600	100	33	133
2025	1,400	1,400	88	29	117
2026	1,400	1,400	88	29	117
2027	1,200	1,200	75	25	100
2028	1,200	1,200	75	25	100
2029	1,000	1,000	63	21	84
2030	1,000	1,000	63	21	84

자료: 전용일 외(2014)

□ 석면폐증 1급~3급인정자 비율

○ 석면폐증 1급 인정자의 비율은 2014년 발생비율 11% 적용

- 1급 누적 환자 수: 석면폐증 환자가 평균 10년간 생존한다고 가정

- 석면폐증 2급 환자 수는 석면폐증 인정자의 51%(2014년 기준)
 - 석면폐증 2급의 10년 후 사망자 수는 10년 전 인정자의 50%로 가정
- 석면폐증 3급 환자 수는 석면폐증 인정자의 평균 38%(2014년 기준)
 - 석면폐증 2급의 10년 후 사망자 수는 석면폐증 2급과 동일하게 적용

3) 석면폐암 발생자수 예측

□ 석면폐암 발생자수의 예측 방법

- (선행연구) 65세 이상 고령자 중에서 석면폐증을 앓고 있는 사람을 대상으로 할 때, 일반 인구집단에 비해 2.3배~9.0배 정도 높은 석면폐암의 위험을 지님.
- (연구방법) 가정: 석면폐증으로 인한 폐암발생 확률을 일반인구집단의 9배로 추정
- 2011년 우리나라 폐암 발생률은 10만 명당 40명 → 석면폐증 환자의 위험도 9배 높음 → 폐암 발생률은 10만 명당 360명(인구천 명당 3.6명) → 65세 이상 폐암 발생은 10만 명당 259.7명이므로, 석면폐증으로 인한 폐암 발생자수는 10만 명당 2,337.3명 수준, 100명당 2.337명 수준으로 예측

〈표 2-19〉 석면폐암 발생자수 예측

연도	악성종피종	석면폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계
2015	63	28	23	107	79	300
2016	67	33	23	107	79	309
2017	71	37	20	94	69	291
2018	75	41	20	94	69	299
2019	79	45	19	85	63	291
2020	83	49	19	85	63	299
2021	87	52	17	77	57	290
2022	91	56	17	77	57	298
2023	95	59	15	68	50	287
2024	99	62	15	68	50	294
2025	103	64	13	60	44	284
2026	107	67	13	60	44	291
2027	111	69	11	51	38	280
2028	115	72	11	51	38	287
2029	119	74	9	43	31	276
2030	122	76	9	43	31	281

자료: 전용일 외(2014)

다. 연평균 증가율을 적용한 석면피해자 발생 분석

□ 수학적 방법을 이용하여 비급여 확대 및 간병비 지급에 대한 석면피해 구제급여 지급 소요 예산을 산출

○ 다만, 수학적 방법은 사망, 출생, 이동 등의 인구학적 요인, 즉, 석면피해인정자의 다양한 상황 등을 고려하지 않고 일정한 규칙에 의해 향후 변화를 가정하기 때문에 비현실적으로 높은 추계결과가 도출될 가능성이 있어, 해석상 주의가 필요함을 제시하고 있음.

□ 인정자 예측 산출식

○ 당해연도 발생 인정자수는 과거 6년간의 유병자수(암등록통계 자료)를 활용하여 산출한 연평균 유병자 증가율에 인정률을 곱함.

- 신규 인정자수 = 연간 유병자수 × 연평균 증가율 × 인정률

○ 누적인정자수는 전년도 인정자수에 당해연도 인정자수를 더하고 사망자수를 제외하여 산출

- 누적 인정자수= 전년도 인정자수+당해연도 인정자수-당해연도 사망자수

〈표 2-20〉 악성종피종 및 폐암 유병률 추이

(단위: 명, 명/10만 명)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	연평균 증가율	평균 인정률
악성 종피종 (C45)	유병자수	191	213	218	247	273	9%	15.7%
	유병률	0.4/0.3	0.4/0.3	0.4/0.3	0.5/0.3	0.5/0.4		
폐암 (C33- C34)	유병자수	43,564	48,795	53,480	58,653	63,460	10%	0.07%
	유병률	87.3/ 61.2	97.4/ 65.9	106.2/ 69.1	116.0/ 72.7	125.0/ 75.4		

주: 조발생률/연령표준화 ASR

증가율(CAGR) = (최종실적/최초실적)^{1/기간}-1

자료: 이수형 외(2018)³⁵⁾

〈표 2-21〉 석면피해 인정자(악성종피종 및 석면폐암) 연도별 인정자 및 인정률 현황

(단위: 명, %)

연도	악성종피종						
	환자수 ¹⁾	인정자수 ⁴⁾ (특별유족제외)	인정률 ⁵⁾ (특별유족제외)	사망자수 ⁴⁾	사망률 ⁶⁾	유효기간 만료자 ⁴⁾	누적 인정자수 ⁴⁾
2011	213	82	38.5	68	82.9	3	11
2012	218	72	33.0	55	76.4	6	11
2013	247	44	17.8	36	81.8	3	5
2014	273	42	15.4	1	2.4	-	11
2015	294	41	13.9	25	61.0	-	16
2016	-	45	-	26	57.8	-	19
2017	-	62	-	24	38.7	-	38
합계	1,245	388		235		12	111
연도	석면폐암						
	환자수 ¹⁾	인정자수 ⁴⁾ (특별유족제외)	인정률 ⁵⁾ (특별유족제외)	사망자수 ⁴⁾	사망률	유효기간 만료자 ⁴⁾	누적 인정자수 ⁴⁾
2014	63,460	21	0.03	12	57.1	-	9
2015	69,931	48	0.07	27	56.3	-	21
2016	78,944 ²⁾	75	0.10	22	29.3	-	53
2017	84,094 ³⁾	74	0.09	19	25.7	-	55
합계	457,357	279	-	117	-	15	147

주: 1) 2011년~2015년 환자 수는 보건복지부·중앙암등록본부·국립암센터(2013)~보건복지부·중앙암등록본부·국립암센터(2017) 자료 내 유병자수임

35) 이수형·나종익·현준원·박동일·전주열. (2018). 석면 건강피해자 지원 개선방안 연구. 환경부·한국보건사회연구원

2), 3) 2016, 2017년 석면폐암 환자수는 건강보험통계연보 진료실인원수임

5) 인정률 : 인정자수/환자수×100

6) 사망률: 사망자수/인정자수×100

자료: 이수형 외(2018)

〈표 2-22〉 2019~2023년 석면피해 추계 인정자수 (악성중피종 및 석면폐암)

(단위: 명)

구분		2019	2020	2021	2022	2023
악성 중피종	환자수 ¹⁾	415	452	493	537	586
	인정자수(당해연도 발생 인정자수) ²⁾	65	71	77	84	92
	누적 인정자수 ³⁾	176	212	252	296	343
석면 폐암	환자수 ¹⁾	101,754	111,929	113,122	135,434	148,978
	인정자수(당해연도 발생 인정자수) ²⁾	71	78	86	95	104
	누적 인정자수 ³⁾	220	261	307	358	414

주: 1) 추계 악성중피종, 석면폐암 환자수임.

2) 인정자수(당해연도 발생 인정자수 또는 신규 인정자수)는 악성중피종 또는 폐암 인정을 받은 추계 인정자수임.

3) 2017년까지 누적 인정자수(악성중피종 111명, 석면폐암 147명, 한국환경산업기술원 내부자료, 2018)에 추계 한 각 연도별 인정자수(2018년~ 2023년)를 합산하여 누적인정자수를 산출함. 2018년부터 2023년 누적 인정자수 산출시 유효기간 만료자는 고려하지 않았음.

자료: 이수형 외(2018)

라. 소결

□ 기존 연구결과에서 제시하는 석면피해 발생자수는 분석 방법 또는 활용하고 있는 자료원, 그리고 모형에 적용하는 가정 등에 따라 다양하게 제시되고 있으며, 이를 요약하면 다음의 표와 같음.

○ 기존 문헌에서는 석면피해구제관리시스템을 통한 DB가 시계열로 자료가 충분히 구축되지 못한 상황에서 다수의 가정 및 가용 자료원에 의존하여 산출하고 있으나, 현재 석면피해구제관리시스템에 등록된 자료는 2011년부터 2019년의 자료가 확보되어 있어, 본 연구에서는 이 자료를 활용하여 실제 석면피해 인정자를 대상으로 분석하여 결과의 현실성을 제고하고자 함.

72 석면피해자 발생 및 기금소요 추계 개선 연구

〈표 2-23〉 선행연구에서의 석면피해자 발생자수 예측 결과

연도	김동일(2012)		전용일(2015)					김수형(2018)	
	악성 중피종	악성 중피종	악성 중피종	석면 폐암	석면 폐종 1급	석면 폐종 2급	석면 폐종 3급	악성 중피종	석면폐암
	발생	사망	발생	발생	발생	발생	발생	발생	발생
1996	44	23							
1997	58	24							
1998	44	23							
1999	44	16							
2000	55	21							
2001	44	24							
2002	52	27							
2003	73	34							
2004	79	36							
2005	75	45							
2006	93	57							
2007	78	58							
2008	93	68							
2009	78	69							
2010	92	70							
2011	97	74							
2012	102	78							
2013	107	81							
2014	113	84							
2015	118	88	63	28	23	107	79		
2016	123	91	67	33	23	107	79		
2017	128	94	71	37	20	94	69		
2018	133	98	75	41	20	94	69		
2019	139	101	79	45	19	85	63	65	71
2020	144	105	83	49	19	85	63	71	78
2021	149	108	87	52	17	77	57	77	86
2022	154	111	91	56	17	77	57	84	95
2023	159	115	95	59	15	68	50	92	104
2024	164	118	99	62	15	68	50		
2025	170	121	103	64	13	60	44		
2026	175	125	107	67	13	60	44		
2027	180	128	111	69	11	51	38		
2028	185	131	115	72	11	51	38		
2029	190	135	119	74	9	43	31		
2030	195	138	122	76	9	43	31		

제 3 장

석면피해 발생자수 및 잠복기간 분석

제1절 석면피해 인정자 현황

제2절 석면피해자의 질병 발생에 대한 잠복기간 분석

제3절 VECM 적용한 석면피해 발생자수 예측 결과

제4절 석면피해자의 사망확률 분석

3

석면피해 발생자수 및 잠복기간 분석 <<

제1절 석면피해 인정자 현황

□ 석면노출에 관한 DB 현황 및 분석

○ 「석면피해자 관리용 DB」

- 2011년부터 현재까지 석면피해구제법에 의해 석면피해를 신청한 사람의 전수 DB

〈표 3-1〉 「석면 노출정보 확인 질문서」의 내용

	개정 이전	현행
신청종류		①석면피해 ②특별유족
흡연이력	과거흡연, 금연기간, 과거흡연기간, 과거흡연량, 현흡연, 흡연기간, 흡연량	평생흡연, 과거흡연, 금연기간, 과거흡연기간, 과거흡연량, 현흡연, 흡연기간, 흡연량
거주이력	거주기간 석면광산 또는 석면공장명 작성 석면노출원과의 거리제한 미지정	거주기간 석면노출원 모두 작성 석면노출원과의 반경 2km 이내만 작성
직업이력	근무기간/ 작업내용 석면관련 직업을 별도 작성 보호구 착용 정도 및 시간 작성 직업분류 없음	근무기간/ 작업내용 모든 직업을 동시에 작성 보호구 착용여부만 확인 석면관련 직종을 17개로 분류
가정 내 직업이력	작업기간/ 작업내용 석면물레질만 명시	작업기간/ 작업내용 석면물레질과 슬레이트 지붕 수리 명시
동거가족 직업이력	근무연월일 작성	총 근무기간만 작성

주: 2018년 5월 24일자로 개정

〈표 3-2〉 「석면피해자 관리용 DB」의 변수 및 내용

변수		내용
기초	접수번호	(10자리) 신청연도 4자리+석면피해(00) 또는 특별유족(01)+접수순 서4자리
	생년월일	(6자리) 주민등록번호 앞자리
	연령	
	성별	남/여
	관할시군구	석면피해로 신청받은 광역(시도) 또는 기초(시군구)
	주소지	피해자의 현 주소지
접수 및 판정	문서시행일	인정/불인정/반려/보류
	문서접수일	
판정	판정일자	
	판정연도 및 차수	
	인정여부	
진단	진단의료기관 및 지역	진단의료기관명 & 의료기관 소재지
	진단일	조직검사를 실시한 의료기관
	조직검사기관	
질환	조직검사일	
	신청질환	
	인정질환	
발병부위	발병부위	①석면폐증 ②폐암 ③악성중피종 ④미만성 흉막비후 ①석면폐증(1급/2급/3급) ②폐암 ③악성중피종 ④미만성 흉막비후 악성중피종의 경우 ①흉막 ②복막 ③심막 ④기타
	사망일	
CT판정	석면폐증	①없음 ②의심형 ③초기형 ④진행형
	흉막반	①없음 ②있음
폐기능 검사	폐기능장애	①정상 ②경도장애 ③고도장애
	폐기능 검사수치	①기관지확장제 사용전후로 실시한 FVC, FVC1, FEV1/FVC, DLCO
노출력	노출력평가	①없음 ②낮음 ③높음 ④확실 ⑤인정
	환경적 석면노출	(최대2개) 분류번호/ 노출원이름/ 노출시작일/ 노출종료일/ 노출 기간/ 노출원으로부터의 거리
	직업적 석면노출	(최대2개) 분류번호/ 노출원이름/ 작업내용/ 노출시작일/ 노출종 료일/ 노출기간

주: FVC: Forced Vital Capacity, FEV1: Forced Expiratory Volume in 1 Second, ratio: FEV1/FVC ratio,

DLCO: Diffusing capacity of the Lung for Carbon Monoxide

자료: 석면피해자 관리용 DB

□ 석면 피해자와 관련하여 피해 접수자는 2019년에 1,027명이었으며, 이에 대한 인정자는 726명(70.7%)이었음.

〈표 3-3〉 우리나라 석면 피해자 현황: 특별유족 포함

(단위: 명)

	악성종괴증		원발성폐암		석면폐증		미만성 흉막비후		계	
	접수	인정	접수	인정	접수	인정	접수	인정	접수	인정
2011	420	279	78	22	284	158	-	-	782	459
2012	292	278	57	35	187	143	-	-	536	456
2013	125	85	151	50	253	211	-	-	529	346
2014	98	69	157	31	252	168	3	2	510	270
2015	75	54	108	78	308	201	3	-	494	333
2016	79	70	140	96	417	302	7	2	643	470
2017	93	82	171	105	446	321	7	-	717	508
2018	102	85	107	88	536	396	7	-	752	569
2019	90	72	160	118	763	536	14	-	1,027	726

자료: 석면피해자 관리용 DB를 분석한 결과임.

□ 석면 피해로 인한 특별유족을 제외한 인정자수는 2019년에 646명으로, 매년 지속적으로 증가하는 추이를 보이고 있음.

〈표 3-4〉 우리나라 석면 피해자 현황: 특별유족 제외

(단위: 명)

	석면폐증	악성종괴증	원발성폐암	미만성흉막비후	계
2011	155	82	12	-	249
2012	143	72	15	-	230
2013	209	44	34	-	287
2014	162	42	21	2	227
2015	199	41	48	-	288
2016	294	45	75	2	416

자료: 석면피해자 관리용 DB를 분석한 결과임.

제2절 석면피해자의 질병 발생에 대한 잠복기간 분석

가. 분석 방법

- 석면사용과 질병 발생과의 연관성을 분석하려면, 포아송 회귀(Poisson Regression) 분석을 사용하여야 함. 포아송 회귀란 종속변수(dependent variable)가 포아송 분포를 따른다고 가정하고, 일반화 선형모형의 회귀분석을 수행하는 것인데, 종속변수가 가산자료(count data)일 때 사용됨. 석면사용과 질병 발생과의 연관성 분석에서 종속변수는 질병 발생인데, 질병 발생 건수는 가산자료(count data)이기 때문임.
- 그런데 석면사용과 질병 발생까지는 긴 잠복기가 있는데, 잠복기를 모르기 때문에 연관성 분석을 할 때, 국내·외 연구결과를 바탕으로 잠복기를 30년부터 50년까지 각기 다른 21개의 모델을 만들(잠복기의 범위는 국내·외 연구들에서 잠복기간을 40년 정도라고 보고하는 것을 참고하여 범위를 정하였음).
- 예를 들어, 모델 1(잠복기 30년)의 경우, 악성중피종 발생연도가 1999-2019년까지의 데이터가 있기 때문에, 30년 전의 석면사용량 1969-89년과의 연관성을 분석하는 것임. 이런 방식으로 모델 1(잠복기 30년)부터 모델 21(잠복기 50년)까지 분석함.

모델	석면사용량 기간	악성종피종 발생년도
모델1(잠복기 30년)	1969-89년	1999-2019년
모델2(잠복기 31년)	1968-88년	1999-2019년
모델3(잠복기 32년)	1967-87년	1999-2019년
모델4(잠복기 33년)	1966-86년	1999-2019년
모델5(잠복기 34년)	1965-85년	1999-2019년
모델6(잠복기 35년)	1964-84년	1999-2019년
모델7(잠복기 36년)	1963-83년	1999-2019년
모델8(잠복기 37년)	1962-82년	1999-2019년
모델9(잠복기 38년)	1961-81년	1999-2019년
모델10(잠복기 39년)	1960-80년	1999-2019년
모델11(잠복기 40년)	1959-79년	1999-2019년
모델12(잠복기 41년)	1958-78년	1999-2019년
모델13(잠복기 42년)	1957-77년	1999-2019년
모델14(잠복기 43년)	1956-76년	1999-2019년
모델15(잠복기 44년)	1955-75년	1999-2019년
모델16(잠복기 45년)	1954-74년	1999-2019년
모델17(잠복기 46년)	1953-73년	1999-2019년
모델18(잠복기 47년)	1952-72년	1999-2019년
모델19(잠복기 48년)	1951-71년	1999-2019년
모델20(잠복기 49년)	1950-70년	1999-2019년
모델21(잠복기 50년)	1949-69년	1999-2019년

□ 해당 질병의 잠복기를 산출하기 위해서 모델 1(잠복기 30년)부터 모델 21(잠복기 50년)까지 21개 모델의 AIC 값을 비교하였음.

□ AIC(Akaike information criterion)

□ AIC는 통계 모델의 상대적인 품질을 평가하는 것임. 모델 중에서 AIC 값이 가장 낮은 모델이 가장 적합한 모델이라고 판단하면 됨(AIC 값이 가장 낮다는 것은 모형의 적합도가 가장 높은 것을 의미).

□ 쉽게 설명하면, 21개의 모델들은 잠복기간을 30-50년까지 각기 다르게 설정하였는데, 이들 중 AIC가 가장 낮은 모델은 석면 사용으로 인한 해당 질병 발생을

가장 잘 설명한다고 말할 수 있음. 따라서 그 모델에서 사용한 잠복기간이 그 질병발생까지의 잠복기간이라고 판단하면 됨.

□ 질병마다 잠복기간은 다르기 때문에, 질병마다 21가지 모델 (잠복기 30-50년) 중 AIC가 가장 낮은 모델에서 사용한 잠복기를 해당 질병의 잠복기간으로 설정함(질병들마다 산출한 분석 결과 참조).

□ 발생자수 예측 방법은, 각 질병들마다 AIC가 가장 낮은 모델의 포아송 회귀식에 대입하여 석면피해자의 발생자수를 예측함. 예를 들어 잠복기가 40년이라고 산출되었다면, 회귀식에 1980년도 석면사용량을 넣으면 2020년 질병 발생자수를 예측할 수 있는 것이고, 1981년도 석면사용량을 넣으면 2021년 질병 발생자수를 예측하게 되는 것임. 예를 들어 잠복기가 40년인 질병의 경우, 석면은 2007년까지 사용하였으므로 2047년까지 질병 발생자수를 예측할 수 있게 되는 것임.

□ 다시 한 번 설명하면 미래 질병 발생은 잠복기간 이전 석면 사용과 관계가 있다고 가정하는 것이고, 해당 모델에서 산출된 회귀식에 예측하고자 하는 년도의 잠복기간을 뺀 년도의 석면 사용량을 대입하면 되는 것임.

□ 예를 들어, AIC가 가장 낮은 모델이 잠복기가 40년이었던 모델이라고 가정 시, 2047년 질병 발생자수를 예측하고자 하면, 그 40년 전인 2007년의 석면 사용량을 모델 회귀식에 대입하면 됨.

□ 이 모든 과정은 통계프로그램 R x64 4.0.0 버전을 사용하여 분석하였음.

나. 악성중피종 잠복기간 분석

□ 악성중피종의 잠복기간 분석

○ 자료원: 암등록통계 자료, 석면사용량 자료

○ 분석과정

- 잠복기간을 분석하기 위해 석면사용량과 잠복기간을 30-50년을 가정함(국내의 연구들에서 잠복기간을 40년 정도라고 보고하는 것을 참고하여 범위를 정함).
- 종속변수에 잠복기간을 고려한 악성중피종(암등록 통계자료)을 두고 설명변수에 석면사용량(석면사용 총량-수출량)을 두어 연관성을 분석함.
- 긴 잠복기간을 고려할 시 아직 대한민국은 석면 관련 질환 발생의 초입이고 아직 질병 발생 피크까지 긴 기간이 남아있어 분석에 사용할 수 있는 데이터의 한계가 있었음. 구체적으로 설명하면 대한민국 석면사용량은 1975년-96년 사이에 가장 많이 사용하였는데, 예를 들어 AIC 값이 가장 낮게 나온 잠복기 36년 시차를 두고 사용량과 악성중피종 발생을 분석할 경우 1963년-83년 사이의 석면사용량과 36년 이후의 악성중피종 발생(1999-2019년)을 분석하게 됨. 그렇게 되면 석면사용량이 피크였던 1975년-96년 중 1983년까지만 분석에 포함되기에 84-96년(13년간)에 많이 사용한 석면은 앞으로의 악성중피종 발생과 관련이 있다는 말임. 22년간 많이 사용했다고 보면, 현재 분석 모델에서는 22년 중 9년간 사용한 정보만으로 잠복기간을 추정하고 발생자수를 예측하였기에 여전히 일부의 데이터를 가지고 많은 부분을 예측해야 하는 상황임.
- 종속변수인 악성중피종 발생은 count data 이기에 포아송 분포를 가정하였고, r 프로그램을 사용하여 연관성 분석을 실시하였음.
 - 잠복기간 산정에서 여러 질병들 중 악성중피종 발생자수(암등록통계자료)를 사용한 이유는 석면피해인정현황 데이터를 사용할 경우 분석에 사용되는 연도가 몇 개가 없어 분석이 어려웠음.

○ 분석 결과: 악성중피종으로 인한 잠복기간은 약 36년(대략 36-39년)

- AIC가 가장 작았던 모델은 잠복기간이 36년이었음.
- 대략 36-39년 사이의 잠복기간이 있다고 해석할 수 있으며, 여타 선진국에서 보고한 것처럼 약 40년으로 보면 될 것 같음.

〈표 3-5〉 잠복기간을 찾기 위한 모델별 AIC 비교(악성중피종(암등록통계))

모델	석면사용량 기간	악성중피종 발생년도	AIC
모델1(잠복기 30년)	1969-89년	1999-2019년	302
모델2(잠복기 31년)	1968-88년	1999-2019년	307
모델3(잠복기 32년)	1967-87년	1999-2019년	352
모델4(잠복기 33년)	1966-86년	1999-2019년	324
모델5(잠복기 34년)	1965-85년	1999-2019년	322
모델6(잠복기 35년)	1964-84년	1999-2019년	312
모델7(잠복기 36년)	1963-83년	1999-2019년	287
모델8(잠복기 37년)	1962-82년	1999-2019년	294
모델9(잠복기 38년)	1961-81년	1999-2019년	293
모델10(잠복기 39년)	1960-80년	1999-2019년	297
모델11(잠복기 40년)	1959-79년	1999-2019년	329
모델12(잠복기 41년)	1958-78년	1999-2019년	319
모델13(잠복기 42년)	1957-77년	1999-2019년	344
모델14(잠복기 43년)	1956-76년	1999-2019년	425
모델15(잠복기 44년)	1955-75년	1999-2019년	424
모델16(잠복기 45년)	1954-74년	1999-2019년	414
모델17(잠복기 46년)	1953-73년	1999-2019년	421
모델18(잠복기 47년)	1952-72년	1999-2019년	425
모델19(잠복기 48년)	1951-71년	1999-2019년	421
모델20(잠복기 49년)	1950-70년	1999-2019년	424
모델21(잠복기 50년)	1949-69년	1999-2019년	422

□ 환경 중 석면피해 인정현황(2014-2019년)을 바탕으로 악성중피종 잠복기간 및 발생자수 예측

○ 석면피해구제법이 실시된 초기인 2011-2013년은 이전 석면관련 질환 발생 누적자 수로 보고 분석에서 제외함.

○ AIC가 가장 작았던 모델은 잠복기간이 41년이었음.

〈표 3-6〉 잠복기간을 찾기 위한 모델별 AIC 비교(악성중피종(석면피해 인정현황))

모델	석면사용량 기간	악성중피종 발생년도	AIC
모델1(잠복기 30년)	1984-89년	2014-2019년	42
모델2(잠복기 31년)	1983-88년	2014-2019년	49
모델3(잠복기 32년)	1982-87년	2014-2019년	54
모델4(잠복기 33년)	1981-86년	2014-2019년	52
모델5(잠복기 34년)	1980-85년	2014-2019년	52
모델6(잠복기 35년)	1979-84년	2014-2019년	51
모델7(잠복기 36년)	1978-83년	2014-2019년	54
모델8(잠복기 37년)	1977-82년	2014-2019년	51
모델9(잠복기 38년)	1976-81년	2014-2019년	50
모델10(잠복기 39년)	1975-80년	2014-2019년	49
모델11(잠복기 40년)	1974-79년	2014-2019년	51
모델12(잠복기 41년)	1973-78년	2014-2019년	42
모델13(잠복기 42년)	1972-77년	2014-2019년	42
모델14(잠복기 43년)	1971-76년	2014-2019년	48
모델15(잠복기 44년)	1970-75년	2014-2019년	54
모델16(잠복기 45년)	1969-74년	2014-2019년	42
모델17(잠복기 46년)	1968-73년	2014-2019년	48
모델18(잠복기 47년)	1967-72년	2014-2019년	54
모델19(잠복기 48년)	1966-71년	2014-2019년	54
모델20(잠복기 49년)	1965-70년	2014-2019년	50
모델21(잠복기 50년)	1964-69년	2014-2019년	48

나. 폐암 잠복기간 및 발생자수 분석:

□ 환경 중 석면피해 인정현황(2014-2019년)을 바탕으로 폐암 잠복기간 및 발생자수 예측

○ 석면피해구제법이 실시된 초기인 2011-13년은 이전 석면관련 질환 발생 누적자수로 보고 분석에서 제외함.

○ AIC가 가장 작았던 모델은 잠복기간이 40년이었음.

〈표 3-7〉 잠복기간을 찾기 위한 모델별 AIC 비교(폐암)

모델	석면사용량 기간	폐암 환경석면피해 인정현황	AIC
모델1(잠복기 30년)	1984-89년	2014-2019년	90
모델2(잠복기 31년)	1983-88년	2014-2019년	96
모델3(잠복기 32년)	1982-87년	2014-2019년	81
모델4(잠복기 33년)	1981-86년	2014-2019년	86
모델5(잠복기 34년)	1980-85년	2014-2019년	81
모델6(잠복기 35년)	1979-84년	2014-2019년	96
모델7(잠복기 36년)	1978-83년	2014-2019년	96
모델8(잠복기 37년)	1977-82년	2014-2019년	89
모델9(잠복기 38년)	1976-81년	2014-2019년	88
모델10(잠복기 39년)	1975-80년	2014-2019년	94
모델11(잠복기 40년)	1974-79년	2014-2019년	42
모델12(잠복기 41년)	1973-78년	2014-2019년	69
모델13(잠복기 42년)	1972-77년	2014-2019년	88
모델14(잠복기 43년)	1971-76년	2014-2019년	90
모델15(잠복기 44년)	1970-75년	2014-2019년	93
모델16(잠복기 45년)	1969-74년	2014-2019년	64
모델17(잠복기 46년)	1968-73년	2014-2019년	94
모델18(잠복기 47년)	1967-72년	2014-2019년	95
모델19(잠복기 48년)	1966-71년	2014-2019년	96
모델20(잠복기 49년)	1965-70년	2014-2019년	76

다. 석면폐증 잠복기간 및 발생자수 분석:

□ 발생자수 예측

○ 석면피해구제법이 실시된 초기인 2011-13년은 이전 석면관련 질환 발생 누적자 수로 보고 분석에서 제외함.

○ AIC가 가장 작았던 모델은 잠복기간이 43년이었음.

〈표 3-8〉 잠복기간을 찾기 위한 모델별 AIC 비교(석면폐증)

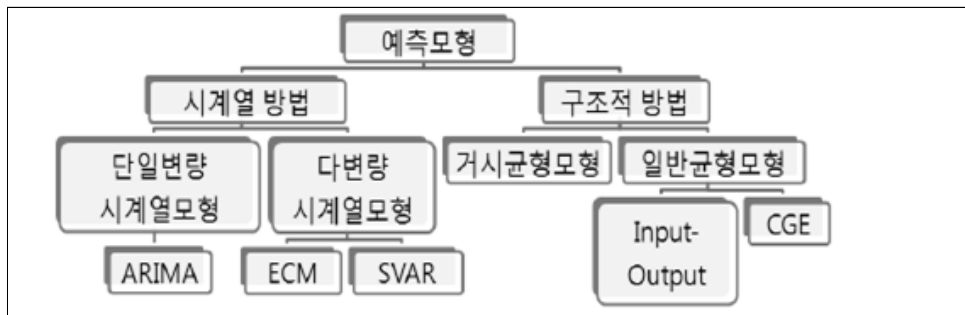
모델	석면사용량 기간	석면폐증 환경석면피해 인정현황	AIC
모델1(잠복기 30년)	1984-89년	2014-2019년	163
모델2(잠복기 31년)	1983-88년	2014-2019년	160
모델3(잠복기 32년)	1982-87년	2014-2019년	165
모델4(잠복기 33년)	1981-86년	2014-2019년	251
모델5(잠복기 34년)	1980-85년	2014-2019년	247
모델6(잠복기 35년)	1979-84년	2014-2019년	257
모델7(잠복기 36년)	1978-83년	2014-2019년	270
모델8(잠복기 37년)	1977-82년	2014-2019년	252
모델9(잠복기 38년)	1976-81년	2014-2019년	212
모델10(잠복기 39년)	1975-80년	2014-2019년	194
모델11(잠복기 40년)	1974-79년	2014-2019년	184
모델12(잠복기 41년)	1973-78년	2014-2019년	149
모델13(잠복기 42년)	1972-77년	2014-2019년	125
모델14(잠복기 43년)	1971-76년	2014-2019년	114
모델15(잠복기 44년)	1970-75년	2014-2019년	269
모델16(잠복기 45년)	1969-74년	2014-2019년	124
모델17(잠복기 46년)	1968-73년	2014-2019년	249
모델18(잠복기 47년)	1967-72년	2014-2019년	232
모델19(잠복기 48년)	1966-71년	2014-2019년	275
모델20(잠복기 49년)	1965-70년	2014-2019년	129
모델21(잠복기 50년)	1964-69년	2014-2019년	193

제3절 VECM 적용한 석면피해 발생자수 예측 결과

가. 벡터오차수정모형(Vector Error Correction Model)

- 거시경제변수를 예측하는 방법론에는 시계열모형에 의한 방법과 구조모형에 의한 방법으로 구분
 - 시계열모형의 구분 : 단일변량 예측과 다변량 예측으로 구분
 - 단일변량 예측방법 : ARIMA모형
 - 다변량 예측방법 : 구조적 벡터자기회귀모형(Structure Vector Autoregression Model, SVAR), 오차수정모형(Error Correction Model, ECM) 등으로 구분
 - 구조모형의 구분 : 거시균형모형과 일반균형모형으로 구분

[그림 3-1] 예측모형의 분류



- ARIMA(p,d,q)와 같은 단일변량 시계열은 시간대에 따라 변하는 추이를 자기의 과거 데이터를 이용해서 분석하기 때문에, 다소 제약이 있음.
- 현실적으로 한 변수는 다른 변수에 영향을 받게 될 가능성이 높이며, 이를 해결해 줄 수 있는 방법이 다변량 시계열분석이라 할 수 있음.

□ 벡터오차수정모형(Vector Error Correction Model, VECM)

- 본 연구에서는 특정 변수의 중장기 규모를 예측하기 위해, 시계열 변수 간 동태적 관계를 분석할 수 있는 벡터오차수정모형을 활용함.
- 벡터오차수정모형은 특정 변수에서 발생한 충격이 모형 내 다른 변수들에게 장기적으로 어떠한 동태적 경로를 통해 영향을 미치는 지를 분석하는 벡터자기회귀모형의 변형형태로서 시계열자료의 차분없이 수준변수를 그대로 사용하여 추정할 수 있음.
- 만약 변수들 간에 공적분 관계가 존재함에도 불구하고 벡터자기회귀모형을 적용하게 되면 설정오류 문제가 발생하여 추정계수에 편의(bias)가 나타나게 되지만, 벡터오차수정모형의 경우에는 공적분 개념을 도입하여 단위근의 존재로 인한 가성회귀(spurious regression)와 과도차분 문제를 해소할 수 있음(전승훈·박승준, 2011)³⁶⁾.

□ 벡터자기회귀모형(Vector Auto Regression, VAR)은 회귀분석과 시계열 분석의 장점을 결합한 모형으로 잘 알려져 있음.

- 통상 둘 이상의 선형 회귀방정식으로 구성되는데, 각 회귀방정식은 모형 내의 한 변수의 현재치를 종속변수로 하고 그 자체의 시차변수들과 모형 내 모든 다른 변수의 시차변수들을 설명변수로 함.
- 일반적인 p 차 벡터자기회귀모형은 다음과 같이 표현됨.

36) 전승훈·박승준, 공적이전소득이 사적이전소득에 미치는 영향 분석, 한국경제연구, 제29권 제4호 p171-205

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \cdots + A_p y_{t-p} + u_t, \quad t = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots,$$

단, $y_t = (y_{1t}, \cdots, y_{Kt})' ; K \times 1$ 내생변수 벡터

$$A_i = \begin{bmatrix} A_{11,i}, \cdots, A_{1K,i} \\ \vdots \\ A_{K1,i}, \cdots, A_{KK,i} \end{bmatrix} ; (K \times K) \text{ 계수행렬, } i = 1, 2, \cdots, p$$

$$u_t = (u_{1t}, \cdots, u_{Kt})' ; K \text{ 차원 백색잡음 (white noise).} \quad \text{.....(1-1)}$$

○ 벡터오차수정모형을 도입하기 위해 아래와 같은 차수가 2인 벡터자기회귀모형을 고려함.

$$y_t = A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + u_t, \quad y_t = (y_{1t}, \cdots, y_{Kt})' \quad (1-2)$$

○ 만일 식(1-2)의 모형이 안정성 조건을 충족하지 못하고 공적분이 존재하면, 식(1-3)이 성립하게 된다.

$$\begin{aligned} \text{rank}(\Pi) &= r < K \\ \Pi &= \alpha \beta' \end{aligned} \quad (1-3)$$

단, $\Pi = -(I_K - A_1 - A_2)$, α, β 는 $K \times r$ 행렬이다

○ 식(1-2)의 양변에 y_{t-1} 를 빼고 정리하면 벡터오차수정모형인 식(1-4)가 됨.

$$\Delta y_t = \alpha \beta' y_{t-1} + \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + u_t, \quad (1-4) \quad \text{단, } \Gamma_1 = -A_2$$

○ 식(1-4)의 우변에서 $\beta' y_t$ 의 각 요소는 장기균형관계를 의미하는 공적분 관계를 나타냄.

○ β 는 공적분 벡터이며, α 는 조정계수임.

○ 요약해서 표현하면,

- 벡터오차수정모형은 종속변수로 로그차분 된 계열, 독립변수로 오차수정항과 로그차분 된 계열의 시차로 구성된 방정식들을 벡터로 묶은 모형임.

□ 지금까지의 일련의 과정을 간단히 정리하면 다음과 같음.

○ 만약 y , x 가 공적분의 관계에 있다면, 균형은 $Y=bX$ 이 될 것임.

○ 그러나 시계열 관계에서는 $Y_t=bX_t$ 의 관계가 유지되지 못하고, 이전 시점의 불균형에서 어떤 차이에 대해 평균적인 균형으로 이동하려고 할 것임. 즉, 변수들의 단기적인 동태적 관계는 변수간 장기적인 균형관계(공적분 관계)에 의해 영향을 받음.

□ 벡터오차수정모형(VECM)

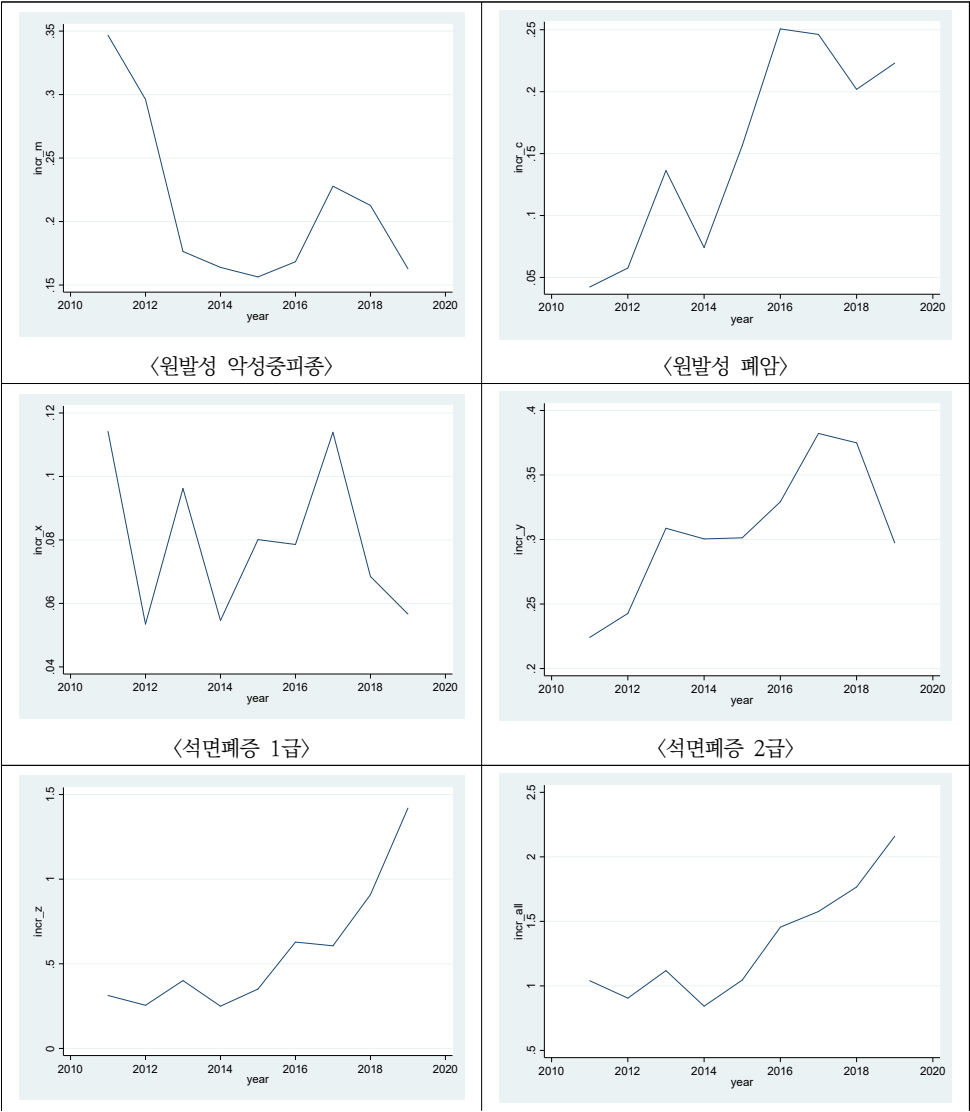
○ $\Delta D_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta Q_t + \pi \epsilon_t + v_t$

- D : 발생자수, Q : 석면사용량, Δ : 증가율, $\pi \epsilon_t$ & v_t : 오차항, t : 연도

나. 신규 석면피해 인정자 규모 예측

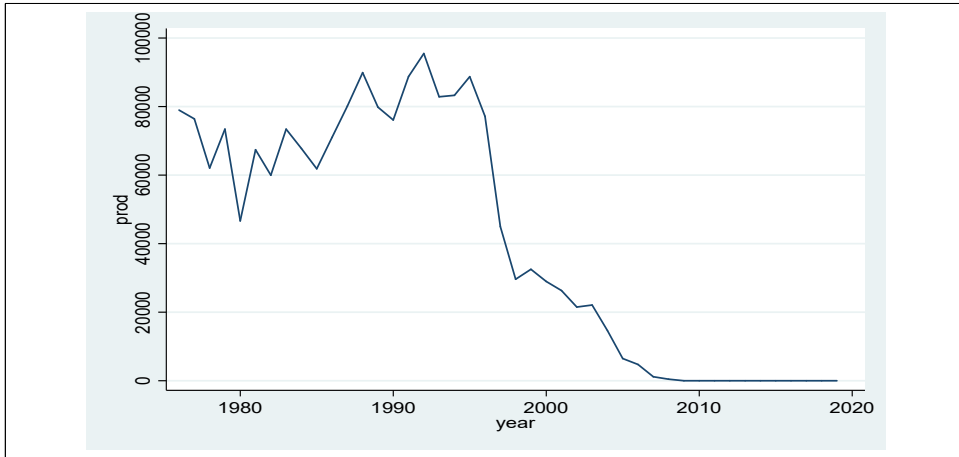
[그림 3-2] 석면피해 인정자 발생률 추이: 2011~2019년

(단위: 십만 명당)



주: 특별유족 제외

[그림 3-3] 석면이용량: 생산량+수입량



자료: 환경부 석면관리 종합정보망에서 제공하는 데이터를 활용하여 제시함.

□ 시계열 자료의 경우에 변수의 안정성이 확보되지 않은 상태에서 회귀분석을 할 경우, 실제로는 연관성이 없지만 아주 밀접한 연관성이 있는 것처럼 결과가 나오는 가성회귀(spurious regression)가 발생할 수 있음.

○ 따라서 이러한 현상에 대한 검토가 필요하여, 이에 단위근 검정을 실시하였음.

○ 단위근 검정에 대해 AR(1)일 경우, 차분을 통하여 비정상상태가 정상 과정으로 도출될 수 있음.

□ 벡터오차수정 모형을 활용하기 위해 우선 단위근 검정을 수행함.

○ 단위근 검정을 위해 ADF 검정(Augmented Dickey-Fuller, ADF)을 수행함.

○ 석면피해 인정자 추이와 석면이용량에 대한 단위근 검정 결과, p-value for $Z(t) = 0.9951$, $Z(t) = 0.5018$ 이므로 귀무가설을 기각하지 못하고 단위근이 존재한다고 할 수 있음.

□ 이와 같이 단위근이 존재할 경우 차분하여 정상성을 가지도록 할 수 있으나, 차분하는 것은 정보의 손실을 야기할 수 있으므로, 장기 안정성이 존재하는가를 테스트해 볼 필요가 있음.

- 이에 대한 검정을 위해 주로 요한슨(Johansen) 공적분 검정을 많이 사용함.
 - 두 개의 비정상적인 시계열 간에 장기적 관계가 존재하고 이 장기적 관계로부터 괴리가 안정적인 경우 두 변수는 공적분되어 있다고 할 수 있음.
 - 만일 추정대상 시계열 자료 각각이 개별적으로는 비정상적이지만 이들의 선형 조합이 정상적인 경우 이들 시계열들은 공적분(cointegration)의 관계에 있다고 함.
 - 예를 들어, 소득 및 소비 자료는 각각 비정상적이라도 이들 두 시계열의 선형 조합은 정상적일 수 있음. 이 때 공적분 벡터의 수는 공적분 관계에 있는 시계열들의 장기적인 균형관계의 숫자를 나타내는 것으로 요한슨 공적분 검정에서 그 개수를 파악함.
- 요한슨(Johansen) 검정을 통해 공적분 관계가 있는 지를 검정한 결과, $r=1$ 일 때 공적분 관계가 존재하였음.
- 공적분 검정은 각 개별 시계열의 장기 구성요소들이 선형결합에 의해 제거되는 지를 검정하는 것으로, 공적분 검정은 변수들 간의 장기적 안정적인 균형관계가 성립하는 지를 검정하는 것임.
 - 공적분에 대한 요한슨 검정은 MLE(maximum likelihood estimation)에 기초하고 있으며, 최대고유치(maximum eigenvalue)와 trace-statistics를 제 공해 줌. 이는 메트릭스의 rank와 연관되어 있는데, 만약에 rank=0일 경우, 어떤 공적분 관계도 없음을 보여줌.
 - 공적분이 존재하지 않으면 차분 변환하여 VAR모형으로 추정하는 것이 바람직하나, 만약 공적분이 존재할 경우에는 벡터오차수정모형을 이용하여 추정하면 더 좋은 결과를 얻을 수 있음.
 - 공적분을 1개 이상 가지고 있다는 결과는 이들 변수 간에 장기적으로 안정적인 관계가 성립한다는 사실을 의미함. 즉, 일시적인 장기적 균형에서 이탈하는 불균형이 발생하더라도 오차수정항의 조정과정을 통하여 다시 균형상태로 회복하게 됨.

1) 원발성 악성중피종 인정자 발생자수 추계

□ 악성중피종 잠재기간을 36년으로 가정하고 요한슨 검정을 수행함.

○ 1971년~1975년까지는 석면 생산량 또는 석면 수입량에 대한 데이터가 존재하지 않아 잠재기간을 40년으로 가정하여 분석할 수 없었으며, 이에 앞서 분석한 잠재기간을 참고하여 잠재기간을 36년으로 가정하고 분석함.

○ 2011년~2012년은 제도의 초기단계이므로 이를 제외하고 분석함.

□ 악성중피종 잠재기간을 36년으로 가정하고 요한슨 검정 결과, 공적분을 포함하는 것으로 나타나 VECM 적용이 타당함을 보여줌.

〈표 3-9〉 요한슨 검정 결과: 악성중피종(40세~69세) 잠재기간 36년의 경우

rank	parms	trace LL	critical eigenvalue	statistic	value
0	2	-52.415	.	17.889	15.410
1	5	-44.215	0.935	1.4908*	3.760
2	6	-43.470	0.220	.	.

주: 원발성 악성중피종 인정자 데이터를 활용한 결과임.

〈표 3-10〉 요한슨 검정 결과: 악성중피종(70세 이상) 잠재기간 36년의 경우

rank	parms	trace LL	critical eigenvalue	statistic	value
0	2	-62.613	.	23.681	15.410
1	5	-52.127	0.970	2.7070*	3.760
2	6	-50.773	0.363	.	.

주: 원발성 악성중피종 인정자 데이터를 활용한 결과임.

□ 악성중피종 인정자의 신규 발생 규모(십만 명당 발생률)에 대해 2030년까지 예측 결과를 살펴보면 다음의 표와 같음.

〈표 3-11〉 원발성 악성중피종 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과

(단위: 십만 명당, 명)

연도	40-69세			70세 이상			계 (명)
	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	
2019			26.0			20.0	46.0
2020	0.1223	0.023	28.7	0.3320	0.129	17.4	46.1
2021	0.1208	0.034	28.9	0.3603	0.218	19.5	48.4
2022	0.1172	0.041	28.3	0.3455	0.264	19.5	47.8
2023	0.1153	0.048	28.1	0.3544	0.311	20.8	48.9
2024	0.1121	0.053	27.5	0.3503	0.348	21.7	49.2
2025	0.1098	0.059	27.0	0.3533	0.383	23.4	50.4
2026	0.1068	0.063	26.4	0.3524	0.414	24.8	51.2
2027	0.1044	0.068	25.7	0.3537	0.443	26.1	51.8
2028	0.1016	0.072	25.0	0.3538	0.471	27.2	52.2
2029	0.0991	0.076	24.3	0.3545	0.497	28.8	53.1
2030	0.0963	0.079	23.5	0.3549	0.522	30.7	54.2

주: 잠재기간=36년으로 가정, SE(Standard Error, 표준오차)
2019년 자료는 실측치임(악성중피종으로 인정받기 이전에 다른 질환으로 인정받은 사례가 있는 인정자는 인정질 환경경으로 간주하고 신규 발생자수에서 제외하고 분석함). 40세 이상 인구를 대상으로 함.

2) 원발성 폐암 인정자 발생자수 추계

□ 원발성 폐암의 잠재기간을 36년으로 가정하고 요한슨 검정을 수행한 결과, 공적분을 포함하는 것으로 나타나 VECM 적용이 타당함을 보여줌.

〈표 3-12〉 요한슨 검정 결과: 원발성 폐암(40세~69세) 잠재기간 36년의 경우

rank	parms	trace LL	critical eigenvalue	statistic	value
0	2	-56.364	.	19.497	15.410
1	5	-47.577	0.947	1.9225*	3.760
2	6	-46.616	0.274	.	.

주: 원발성 악성중피종 인정자 데이터(2013년~2019년)를 활용한 결과임.

〈표 3-13〉 요한슨 검정 결과: 원발성 폐암(70세 이상) 잠재기간 36년의 경우

rank	parms	trace LL	critical eigenvalue	statistic	value
0	2	-65.242	.	19.486	15.410
1	5	-56.753	0.941	2.5078*	3.760
2	6	-55.499	0.342		

주: 원발성 악성종괴종 인정자 데이터(2013년~2019년)를 활용한 결과임.

□ 원발성 폐암 인정자의 신규 발생 규모(십만 명당 발생률)에 대해 2030년까지 예측 결과를 살펴보면 다음의 표와 같음.

〈표 3-14〉 원발성 폐암 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과

(단위: 십만 명당, 명)

연도	40-69세			70세 이상			계 (명)
	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	
2019			29.0			34.0	63.0
2020	0.1430	0.052	33.4	0.5425	0.200	29.7	63.1
2021	0.1584	0.076	37.6	0.7096	0.282	40.0	77.6
2022	0.1627	0.093	39.1	0.6104	0.345	36.0	75.1
2023	0.1761	0.108	42.8	0.7698	0.398	47.4	90.2
2024	0.1820	0.121	44.5	0.6780	0.445	43.5	88.0
2025	0.1942	0.132	47.4	0.8303	0.487	56.4	103.8
2026	0.2012	0.143	49.1	0.7454	0.527	53.3	102.4
2027	0.2124	0.153	51.7	0.8910	0.563	67.1	118.8
2028	0.2201	0.162	53.3	0.8126	0.597	64.6	117.9
2029	0.2308	0.171	55.6	0.9518	0.629	79.8	135.4
2030	0.2390	0.179	57.1	0.8796	0.660	78.2	135.3

주: 잠재기간=36년으로 가정

2019년 자료는 실측치임(원발성 폐암으로 인정받기 이전에 다른 질환으로 인정받은 사례가 있는 인정자는 인정절 환변경 또는 갱신으로 간주하고 신규 발생자수에서 제외하고 분석함). 40세 이상 인구를 대상으로 함.

3) 석면폐증 1급 인정자 발생자수 추계

□ 석면폐증 1급 인정자의 신규 발생 규모(십만 명당 발생률)에 대해 2030년까지 예측 결과를 살펴보면 다음의 표와 같음.

〈표 3-15〉 석면폐증 1급 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과

(단위: 십만 명당, 명)

연도	40-69세			70세 이상			계 (명)
	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	
2019			2.0			14.0	16.0
2020	0.0053	0.018	1.2	0.2209	0.050	12.1	13.3
2021	0.0032	0.026	0.8	0.2341	0.101	13.2	14.0
2022	-0.0005	0.032	0.0	0.2043	0.117	12.1	12.1
2023	-0.0030	0.037	0.0	0.2055	0.141	12.6	12.6
2024	-0.0064	0.041	0.0	0.1844	0.155	11.8	11.8
2025	-0.0092	0.045	0.0	0.1793	0.172	12.2	12.2
2026	-0.0124	0.048	0.0	0.1627	0.184	11.6	11.6
2027	-0.0153	0.052	0.0	0.1544	0.198	11.6	11.6
2028	-0.0184	0.055	0.0	0.1401	0.209	11.1	11.1
2029	-0.0214	0.058	0.0	0.1301	0.221	10.9	10.9
2030	-0.0244	0.061	0.0	0.1170	0.232	10.4	10.4

주: 잠재기간=36년으로 가정

2019년 자료는 실측치임(석면폐증 1급으로 인정받기 이전에 다른 질환으로 인정받은 사례가 있는 인정자는 인정 질환변경 또는 갱신으로 간주하고 신규 발생자수에서 제외하고 분석함). 40세 이상 인구를 대상으로 함.

4) 석면폐증 2급 인정자 발생자수 추계

□ 석면폐증 2급 인정자의 신규 발생 규모(십만 명당 발생률)에 대해 2030년까지 예측 결과를 살펴보면 다음의 표와 같음.

〈표 3-16〉 석면폐증 2급 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과

(단위: 십만 명당, 명)

연도	40-69세			70세 이상			계 (명)
	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	
2019			29.0			55.0	84.0
2020	0.1369	0.031	32.0	1.1310	0.158	61.8	93.8
2021	0.1397	0.045	33.2	1.0982	0.251	61.9	95.1
2022	0.1357	0.055	32.6	1.1084	0.307	65.4	98.0
2023	0.1384	0.064	33.6	1.1023	0.358	67.8	101.4
2024	0.1345	0.071	32.9	1.1023	0.401	70.7	103.6
2025	0.1371	0.078	33.5	1.1000	0.441	74.8	108.2
2026	0.1334	0.084	32.5	1.0986	0.477	78.6	111.1
2027	0.1358	0.090	33.0	1.0968	0.510	82.6	115.6
2028	0.1322	0.095	32.0	1.0952	0.542	87.0	119.0
2029	0.1345	0.101	32.4	1.0935	0.572	91.7	124.0
2030	0.1310	0.105	31.3	1.0919	0.600	97.0	128.3

주: 잠재기간=36년으로 가정

2019년 자료는 실측치임(석면폐증 2급으로 인정받기 이전에 다른 질환으로 인정받은 사례가 있는 인정자는 인정 질환변경 또는 갱신으로 간주하고 신규 발생자수에서 제외하고 분석함). 40세 이상 인구를 대상으로 함.

5) 석면폐증 3급 인정자 발생자수 추계

□ 석면폐증 3급 인정자의 신규 발생 규모(십만 명당 발생률)에 대해 2030년까지 예측 결과를 살펴보면 다음의 표와 같음.

○ 2019년 신규 인정자수가 급격히 증가하여 이를 제외하고 2013년부터 2018년까지의 자료를 통하여 2019년부터 발생자수를 추계함.

〈표 3-17〉 석면폐증 3급 인정자의 신규 발생 규모 예측 결과

(단위: 십만 명당, 명)

연도	40-69세			70세 이상			계 (명)
	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	예측값 (십만 명당)	SE	(명)	
2018			88.0			164.0	252.0
2019	0.4686	0.155	107.8	3.6681	0.711	192.0	299.9
2020	0.5004	0.217	116.9	4.0599	1.001	221.9	338.8
2021	0.5354	0.266	127.1	4.4546	1.226	251.2	378.3
2022	0.5683	0.307	136.6	4.8477	1.415	286.0	422.6
2023	0.6026	0.343	146.3	5.2417	1.582	322.6	468.9
2024	0.6359	0.376	155.4	5.6352	1.732	361.5	516.8
2025	0.6698	0.406	163.4	6.0290	1.871	409.8	573.3
2026	0.7034	0.434	171.6	6.4226	2.000	459.4	630.9
2027	0.7372	0.460	179.3	6.8163	2.121	513.4	692.7
2028	0.7708	0.485	186.6	7.2100	2.235	572.8	759.4
2029	0.8046	0.508	193.7	7.6037	2.344	637.3	831.0
2030	0.8383	0.531	200.2	7.9974	2.449	710.6	910.8

주: 잠재기간=36년으로 가정

2018년 자료는 실측치임(석면폐증 3급으로 인정받기 이전에 다른 질환으로 인정받은 사례가 있는 인정자는 인정 질환변경 또는 갱신으로 간주하고 신규 발생자수에서 제외하고 분석함). 40세 이상 인구를 대상으로 함.

제4절 석면피해자의 사망확률 분석

- 석면피해 사망자의 피해 인정 이후의 생존 기간을 보면, 악성중피종의 경우 2년 이내에 사망하는 비율이 높음.

〈표 3-18〉 석면피해 사망자의 피해인정 이후의 생존기간 분포

(단위: 명)

	석면폐증	악성중피종	폐암	미만성
1년미만	38	114	65	1
1~2년	56	129	75	1
2~3년	40	41	19	1
3~4년	40	25	10	.
4~5년	23	8	8	.
5~6년	21	9	2	.
6~7년	21	3	2	.
7~8년	8	1	2	.
8~9년	5	1	-	.

- 석면피해자 사망확률을 분석하기 위해 2017년부터 2019년의 자료를 pooling 하여 로짓 회귀분석을 적용함.
- 분석 결과, 석면피해 사망자는 연령이 증가할수록 사망확률도 증가하는 것으로 나타남.
 - 석면피해자 중에 남성이 여성보다 사망확률이 낮은 것으로 나타남.
 - 질병별로 보면, 악성중피종으로 인한 사망확률이 가장 높으며, 그다음으로는 폐암, 그리고 석면폐증의 순인 것으로 나타남.
 - 추정결과를 적용하여 사망확률을 도출한 결과, 75-79세의 사망확률은 0.139, 80-84세의 사망확률은 0.149, 85세 이상은 0.161이었음.

〈표 3-19〉 석면피해자 사망확률 분석 결과: 로짓 회귀모형 적용

		Coef.	Std. Err.	P>z	[95% Conf. Interval]	
agegr	ref. 60세 이하					
	60-64	0.115	0.419	0.784	-0.706	0.936
	65-69	0.235	0.374	0.529	-0.498	0.969
	70-74	0.931	0.351	0.008	0.243	1.619
	75-79	1.031	0.351	0.003	0.342	1.719
	80-84	1.451	0.383	0.000	0.699	2.202
	85세 이상	2.048	0.432	0.000	1.201	2.895
sex	남성	-0.871	0.204	0.000	-1.271	-0.470
	ref.=여성					
질병	ref.=석면폐증					
	악성종괴종	3.421	0.239	0.000	2.952	3.890
	폐암	2.567	0.214	0.000	2.148	2.986
_cons		-3.030	0.432	0.000	-3.876	-2.183

주: 2017년~2019년 데이터를 pooling하여 분석함.

〈표 3-20〉 석면피해자의 질병별 사망확률

	석면폐증	악성종괴종	폐암	계
60세 미만	0.017	0.315	0.175	0.159
60-64	0.020	0.382	0.209	0.113
65-69	0.032	0.488	0.317	0.137
70-74	0.044	0.564	0.379	0.154
75-79	0.055	0.639	0.447	0.139
80-84	0.077	0.703	0.490	0.149
85세 이상	0.098	0.774	0.633	0.161

제 4 장

모형개발 및 구제급여 소요액 전망

제1절 석면피해자 구제급여 소요액 전망 모형

제2절 모형의 투입 변수

제3절 기본 모형 분석 결과

제4절 시나리오의 구성

제5절 시나리오 분석 결과

제6절 특별유족 인정 및 급여 전망

제7절 석면피해 구제급여 지출 종합

4

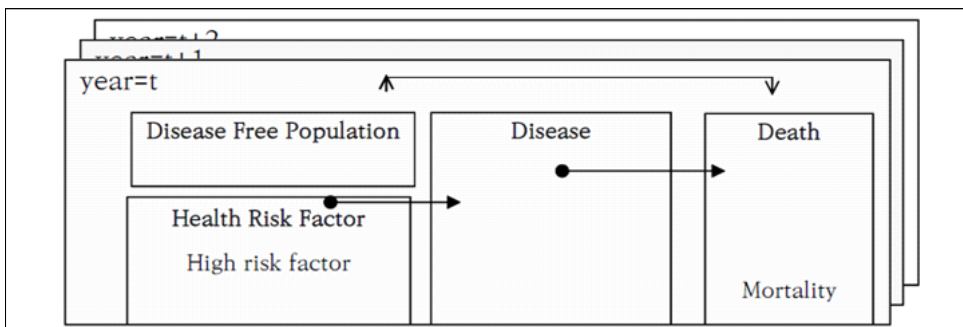
모형개발 및 구제급여 소요액 전망 <<

제1절 석면피해자 구제급여 소요액 전망 모형

가. Markov simulation model의 개요

- Markov 시뮬레이션 모형은 각각의 단계(states)로 정의된 상태A에서 상태B로 전이하는 확률의 연속체라 할 수 있음.

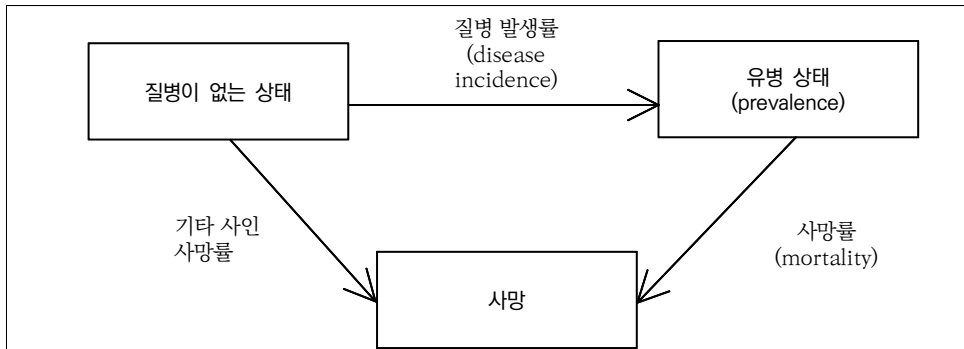
[그림 4-1] 마르코프 모형의 개념적 틀



- 일반적으로 마르코프 시뮬레이션 모형은 건강상태와 한 가지 이상의 장애상태 또는 질병상태로의 전이를 고려함.
- 첫째, 인구모듈로, 성별·연령별 인구수의 변화, 위험요소를 지닌 인구수 변화에 따른 인구구조 변화 과정이 반영됨.
- 둘째, 질병 모듈로, 시간과 연령의 변화에 따른 위험요인 유병률 변화, 질병 발생률, 질병 진행과정 및 사망률 변화를 반영하여 모형화하게 됨.
- 이를 위해 투입되는 주요 변수는 분석 시점에서의 인구구성과 변화 추이, 인구 구성원의 위험요인에 노출된 수준 및 변화, 질병 발생률과 유병률, 특정질병의 사망률, 위험요인의 유병률 등의 변수가 활용됨.

- 마르코프 시뮬레이션 모델을 활용하여 분석하기 위해서 투입변수를 정리하고 관련된 다수의 변수에 대한 추정치를 측정해야 하므로, 모형의 구축을 위해서 투입시간이 많이 소요되고 모형개발 과정이 복잡한 어려움이 있으나, 개발된 모형이 현실성을 잘 반영할 수 있다는 장점이 있음.

[그림 4-2] 질병 발생의 인과적 고리(chain) 경로



(1) 질병 모듈

- 위험요인과 관련된 질병을 선정하고, 이에 대해 연령과 성별로 발병률과 유병률, 사망률의 세 단계에 대한 전이 모형을 추정함.

- 각 질병의 발생률은 성별·연령별 코호트에 따라 상이하게 나타나기 때문에 코호트 각각의 질병 발생률을 도출함.

- 코호트j의 질병 d에 대한 발생률(incidence rate)은 다음과 같이 도출할 수 있음.

$$\text{질병별 발생률} = \frac{I_{ijd}}{N_{ij}}$$

여기서

○ 코호트별 사망률을 도출하기 위한 방정식은 다음과 같음.

$$Mortality = \frac{Mort_{ijd}}{N_{ij}}$$

여기서 $Mort_{ijd}$ = 성별, 연령별, 코호트별 사망원인에 의한 사망자 수

2) 인구 모듈

□ 위험요인별 코호트로 구성된 인구는 다음과 같이 변화하게 됨.

- 특정 질병을 가지고 있는 인구의 다음 단계에서 유병인구 변화($PREV_{t+1}$)는 해당시기의 유병인구에 그 질병이 발생하여 유입된 유병인구를 더하고, 해당 질병으로 사망한 유병인구를 빼서 산출하게 됨.
- 일반적인 모형에서 포함된 질병이외의 질병 또는 사고로 사망하는 경우를 반영하여야 하므로, 질병 d로 사망하는 경우와 질병 d 이외의 사인으로 사망하는 경우 2가지 경우로 구분될 수 있음.

$$PREV_{t+1} = PREV_t + INC_t - MORT_{d,t}$$

여기서, $PREV_{t+1}$: t+1기의 유병인구

$PREV_t$: t기의 유병인구

INC_t : t기의 질병발생률

$MORT_{d,t}$: t기의 사망률

$$MORT_{d,t} = MORT_d + MORT_{other}$$

여기서 $MORT_{d,t}$: t기의 사망률

$MORT_d$: t기의 질병 d로 인한 사망률

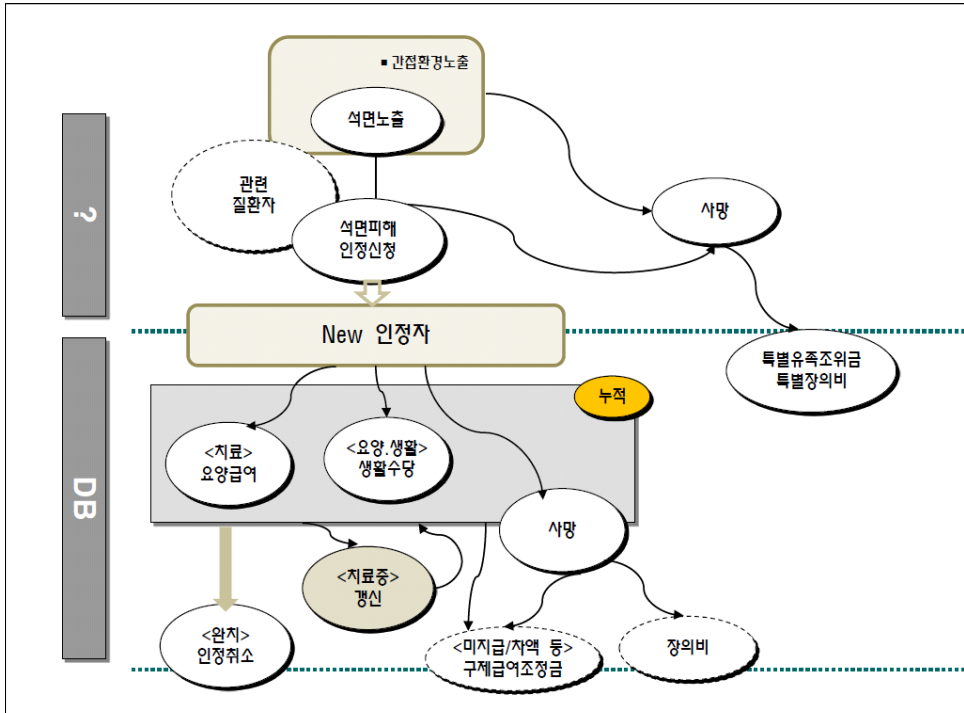
: t기의 질병 d 이외의 사인으로 인한 사망률

나. 구제급여 소요액 전망을 위한 모형

□ 석면피해 구제급여 소요액을 전망하기 위한 모형의 개요를 살펴보면 아래의 그림과 같음.

- 석면에 노출된 피해자는 일정한 잠재기간이 지난 이후에 질병이 발현되며, 이때에 피해자 중에 직업성 석면피해자는 산재 인정자가 되며, 환경성 석면피해자는 석면피해구제법에 따라 석면피해를 인정받고 있음.
- 본 모형에서는 직업성 석면피해자는 제외하고 환경성 석면피해로 인한 인정자를 대상으로 분석함.
- 석면에 노출된 피해자는 석면피해 인정 신청을 하게 되며, 피해자로서 인정을 받게 되는 경우에는 인정 질환에 따라 요양급여, 요양생활수당, 장의비 등의 구제급여를 받게 됨.
- 석면에 노출되어 석면 질환이 발병하였지만 이미 사망한 경우에 특별유족으로 인정된다면 특별유족 조위금 및 특별 장의비를 받게 됨.
- 석면피해인정에는 유효기간을 5년으로 설정하고 있으며, 악성중피종과 원발성폐암의 경우에는 석면질환이 나을 가망이 없다고 판단될 경우에는 석면피해인정을 갱신하도록 하고 있음.

[그림 4-3] 구제급여 소요액 전망을 위한 모형 개요



〈표 4-1〉 구제급여 종류

	대상자	시기	내용	지급범위 및 한도
요양급여	피해 인정자	수시	의료기관으로부터 석면질병의 치료를 받은 경우 치료에 소요되는 비용 지원	피인정자가 부담하는 금액의 범위 내 전액본인부담금 및 선택진료비 등 비급여 항목은 지급대상에서 제외
요양생활수당	피해 인정자	매월	요양급여 외 석면질병의 치료·요양 및 생활에 필요한 경비	석면질병의 종류와 피해등급에 따라 월 단위로 차등 지급 석면피해인정을 신청한 날이 속하는 달의 다음달 ~ 소멸하는 날이 속하는 달
장의비	유족	사망시	피인정자가 사망한 경우 그 장제를 지낸 유족에게 지급	석면질병 종류에 관계없이 동일 지급 2인 가구 기준 중위소득의 1000분의 897에 해당하는 금액 ('19년도 장의비 2,607,150원)
특별유족조위금 및 특별장의비	특별유족	특별유족 인정시	법 시행일 전 사망한 사람 석면피해인정을 신청하지 아니하고 이 법 시행 후에 사망한 사람 석면피해인정 신청을 하였으나 인정을 받기 전에 사망한 사람	석면질병의 종류와 피해등급에 따라 차등 지급 유족의 지급순위(같은 순위 유족이 2명 이상이면 똑같이 나누어 지급) : 배우자 > 자녀 > 부모 > 손자녀 > 조부모 또는 형제자매
구제급여조정금	유족	사망시	피인정자가 사망한 경우 해당 석면질병에 관하여 지급받은 요양급여와 요양생활수당의 합계액이 특별유족조위금의 액수보다 적은 때 지급	피인정자의 사망당시 생계를 같이하고 있던 유족에게 지급 구제급여조정금 = 특별유족조위금 - (요양급여+요양생활수당)

자료: www.adrc.or.kr (2019.11.5. 인출)

〈표 4-2〉 영양생활수당

구분	영양생활수당 지급비율	비고
원발성 악성종괴종 또는 원발성 폐암	2인 가구 기준 중위소득의 475/1000 ['19년 기준 1,380,600원/월]	유효기간동안 지급
석면폐증(제1급) 및 미만성 흉막비후	2인 가구 기준 중위소득의 342/1000 ['19년 기준 994,030원/월]	
석면폐증(제2급)	2인 가구 기준 중위소득의 228/1000 ['19년 기준 662,680원/월]	24개월 동안 지급 (24개월이 지나면 지급사유 소멸)
석면폐증(제3급)	2인 가구 기준 중위소득의 114/1000 ['19년 기준 331,340원/월]	

〈표 4-3〉 특별유족조위금

구분	특별유족조위금 지급비율	비고
원발성 악성종괴종 또는 원발성 폐암	장의비의 100분의 1,500에 해당하는 금액 ['19년 기준 총 39,107,250원]	※ 기금 여건을 고려 특별장의비와 함께 2019.1.1 부터 일시 지급 (년 1회 지급) - 단, 특별유족조위금 및 특별장의비 지급신청은 총 지급금액으로 한번만 신청
석면폐증(제1급) 및 미만성 흉막비후	장의비의 100분의 750에 해당하는 금액 ['19년 기준 총 19,553,620원]	
석면폐증(제2급)	장의비의 100분의 500에 해당하는 금액 ['19년 기준 총 13,035,750원]	
석면폐증(제3급)	장의비의 100분의 250에 해당하는 금액 ['19년 기준 총 6,517,870원]	

주: 특별장의비 : 장의비 금액과 동일

□ 모형의 코호트 구성

- 석면폐해 구제가 되는 질병은 악성종괴종, 원발성폐암, 석면폐증(1급~3급), 미만성 흉막비후가 해당됨.
- 미만성 흉막비후의 경우 2014년 2명, 2016년 2명이 인정된 사례가 있으나, 최근에 인정이 거의되고 있지 않아, 미만성 흉막비후 질환은 제외하고 분석함.
- 석면관련 질환은 연령이 증가할수록 인정자수도 증가하는 경향을 보이고 있지만, 악성종괴종의 경우에는 다른 질환에 비해 50대부터 발생이 나타나게 되므로, 연령대별 질환 발생자수의 차이를 고려할 필요가 있음.

- 따라서 본 연구에서 포함된 코호트의 구성은 악성중피종, 원발성폐암, 석면폐증(1급~3급)의 5유형의 질병으로 구성된 코호트 상태(markov state)에 따라, 각 질병별로 40대, 50대, 60대, 70대, 80대로 구분하여 코호트를 구성함.
- 석면피해에 대한 노출이 크지 않은 현재 30대 이하의 연령에서는 향후 환경성 석면피해로 인한 질병 발생은 나타나지 않는 것으로 가정함.

□ 마르코프 상태(markov state) 및 전이 확률

- 마르코프 상태는 석면피해 질병인 악성중피종, 원발성폐암, 석면폐증 1급, 석면폐증 2급, 석면폐증 3급으로 구분함.
- 마르코프 상태별 전이확률(transition probability)은 다음과 같은 특성을 지니면서 이동해 가는 경로를 제시함.
 - 폐암의 경우 처음에 석면폐증 1급~3급으로 인정받았다가 폐암으로 재인정 받은 경우가 있음.
 - 석면폐증 1급의 경우에도 석면폐증 2급~3급으로 인정받았다가 석면폐증 1급으로 재인정 받은 경우가 있음.
 - 석면폐증 2급의 경우에도 석면폐증 3급으로 인정받았다가 석면폐증 2급으로 재인정 받은 경우가 있음.
 - 사망률 및 5년마다의 급여자격갱신에 영향을 받음.

〈표 4-4〉 마르코프 상태 및 전이 매트릭스

		cycle(t+1)					
		악성종피종 (A)	폐암(B)	석면폐증 1급 (C)	석면폐증 2급 (D)	석면폐증 3급 (E)	사망 (mr)
cycle (t)	악성종피종	tpA					mrA
	폐암	-	tpB				mrB
	석면폐증1급	-	tpC1	tpC			mrC
	석면폐증2급	-	tpD1	tpD2	tpD		mrD
	석면폐증3급	-	tpE1	tpE2	tpE3	tpE	mrE
	완치(인정취소)	prA	prB	-	-	-	-

주: 5년 주기로 급여자격 갱신

tpA: t기에 악성종피종에 있으면서 t+1기에도 악성종피종에 있을 확률

tpB: t기에 폐암에 있으면서 t+1기에도 폐암에 있을 확률

tpC1: t기에 석면폐증 1급에 있었으나 t+1기에는 폐암으로 이동할 확률

tpD1: t기에 석면폐증 2급에 있었으나 t+1기에는 폐암으로 이동할 확률

tpE1: t기에 석면폐증 3급에 있었으나 t+1기에는 폐암으로 이동할 확률

prA: 악성종피종이 완치되어 5년 이후에 재갱신 인정이 취소될 확률

prB: 폐암이 완치되어 5년 이후에 재갱신 인정이 취소될 확률

□ 마르코프 주기(markov cycle)는 1년 단위로 변화

□ 마르코프 상태는 발생자수와 전이 과정을 거쳐 다음과 같은 산식을 통하여 인정
자수가 누적되며, 구제 급여를 지급받게 됨.

$$P(t + \Delta t) = P(t) + \Delta t \times (BR - ER - DR)$$

여기서 $P(0)$ = 2019년 기준

$$EnRN(\text{진입자 수}) = P * EnR(\text{진입률})$$

$$ExRN(\text{상실자 수}) = P * ExR(\text{상실률})$$

$$DR(\text{사망자 수}) = P * DR(\text{사망률})$$

$$\text{Population} = \text{INTEG}(\text{진입} - \text{상실} - \text{사망}, \text{INI POPULATION})$$

여기서 INTEG = integral

INI POPULATION=최초 시점(기준 연도)에서의 인정자수

〈표 4-5〉 마르코프 상태별 구제 급여

	t=1	t=2	t=3	...
석면폐증 1급	- 요양급여 - 요양생활수당 - (사망) 장의비, 조정금	- 동일지급	- 동일지급	- 동일지급
석면폐증 2급, 3급	- 요양급여 - 요양생활수당 - (사망) 장의비, 조정금	- 동일지급	- 요양생활수당 제 외	- 요양생활수당 제 외
악성종피종	- 요양급여 - 요양생활수당 - (사망) 장의비, 조정금	- 동일지급	- 동일지급	- 동일지급
폐암	- 요양급여 - 요양생활수당 - (사망) 장의비, 조정금	- 동일지급	- 동일지급	- 동일지급

다. 자료원

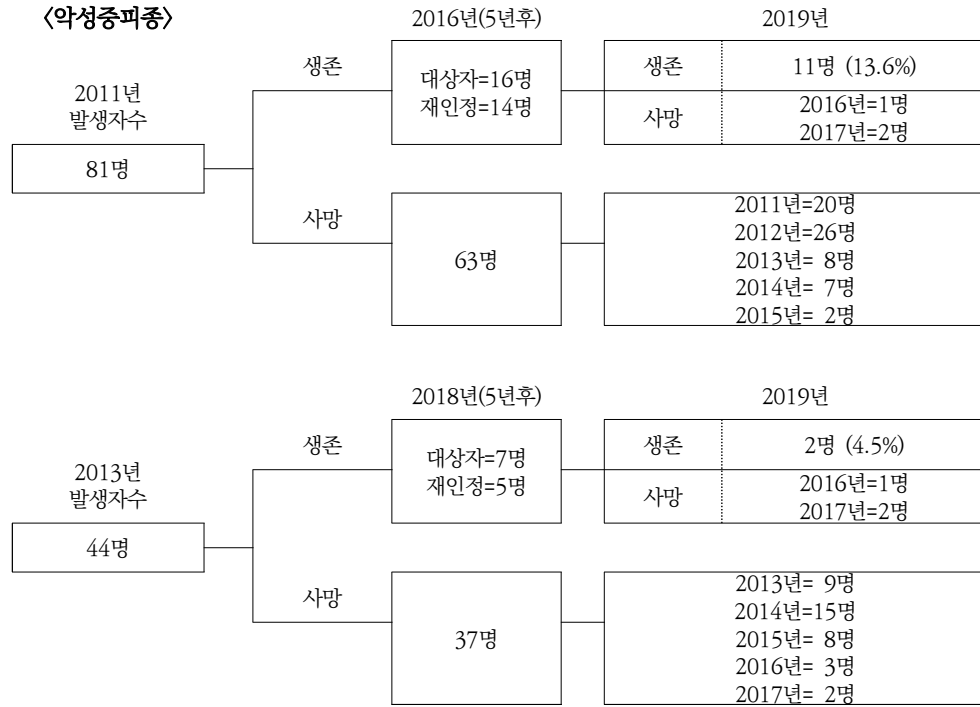
□ 본 연구에서 주로 석면피해구제관리시스템 DB를 활용함.

○ 한국환경산업기술원에서는 석면피해구제법의 피해 신청 및 판정과 구제급여 지급 등에 관한 실무를 담당하고 있으며, 이와 관련한 DB를 구축하여 운영하고 있음.

□ 석면피해구제관리시스템 DB는 개인단위로 인정신청, 판정, 개인별 구제급여 등에 대한 정보를 확인할 수 있음.

○ 석면피해구제관리시스템 DB는 개인 단위의 데이터이므로 생존 및 사망 현황을 확인할 수 있으며, 인정 질병이 상향을 재인정 받았는지, 또는 5년 이후에도 인정이 유지되는 지에 대한 포괄적인 정보를 확인할 수 있음.

[그림 4-4] 데이터 구성 예시



제2절 모형의 투입 변수

□ 모형에 투입되는 주요 변수에는 질병별·연령별 인정자수 및 사망자 수 그리고 인정 질환의 변화 및 갱신 여부 등에 대한 변수가 적용됨.

가. 악성종피종 인정 및 사망 현황

□ 악성종피종 인정자의 연령별 추이를 보면, 처음 제도가 도입된 2011년에 82명, 2012년에는 72명이었으나, 2016년 45명으로 감소, 2017년에 62명으로 증가하다가 2018년 59명, 2019년 46명으로 다소 감소하고 있음.

〈표 4-6〉 악성종피종 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년

인정 년도	59세 이하	60-69세	70-79세	80세 이상	계
2011	42	25	13	2	82
2012	35	19	16	2	72
2013	22	6	16		44
2014	18	10	13	1	42
2015	15	16	6	4	41
2016	12	20	7	6	45
2017	21	17	21	3	62
2018	16	17	22	4	59
2019	13	13	17	3	46
계	194	143	131	25	493
(%)	39.4	29.0	26.6	5.1	100.0

주: 연령기준은 인정당시의 연령임. 등급상향 1명 포함.

□ 악성종피종으로 구제급여 인정을 받은 이후에 사망한 사망자 수 추이를 살펴보면, 2011년 사망자는 20명, 2015년 사망자는 44명, 2017년 사망자는 51명, 2019년 사망자는 40명인 것으로 나타남.

○ 악성종피종으로 2011년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 18.3%이며, 2012년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 19.4%인 것으로 나타남.

〈표 4-7〉 악성종피종 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년

구분		사망 연도										
인정 연도	인정자 수	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	계	인정 대비
2011	82	20	26	8	7	2	3	2	0	0	67	81.7
2012	72	0	17	17	9	7	2	4	0	2	58	80.6
2013	44	0	0	9	15	8	3	2	0	1	38	86.4
2014	42	0	0	0	10	15	3	3	0	2	33	78.6
2015	41	0	0	0	0	12	12	4	1	1	30	73.2
2016	45	0	0	0	0	0	15	16	0	4	35	77.8
2017	62	0	0	0	0	0	0	20	13	8	41	66.1
2018	59	0	0	0	0	0	0	0	11	15	26	44.1
2019	46	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	15.2
계	493	20	43	34	41	44	38	51	25	40	335	68.0

□ 악성종피종 인정자의 갱신 추이를 보면, 2011년도에 인정을 받은 경우에 14명이 갱신되었으며, 2012년 인정자는 12명, 2013년 인정자는 5명, 2014년 인정자는 7명이었음.

〈표 4-8〉 악성종피종 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년

인정 연도	2015	2016	2017	2018	2019	계
2011	5	9	0	0	0	14
2012	0	0	11	0	1*	12
2013	0	0	0	5	0	5
2014	0	0	0	1	6	7
계	5	9	11	6	7	38

주: 악성종피종으로 2012년에 인정을 받았고 재갱신 기간인 5년이 지난 이후인 2019년에 다시 인정자로 인정된 1건을 갱신으로 간주하고 분석함.

나. 폐암 인정 및 사망 현황

□ 폐암 인정자의 연령별 추이를 살펴보면, 2011년에는 10명, 2015년에는 41명, 2019년에는 63명으로 지속적으로 증가하고 있는 것으로 나타남.

○ 폐암 인정자의 인정 당시의 연령별 구성을 보면, 59세 이하는 약 11.6%, 6대는 40.4%, 70대 37.5%, 80세 이상 10.6%의 분포를 보이는 것으로 나타남.

〈표 4-9〉 폐암 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년

인정 년도	59세 이하	60-69세	70-79세	80세 이상	계
2011	0	4	6	0	10
2012	1	5	7	1	14
2013	6	10	16	2	34
2014	1	9	6	3	19
2015	4	16	19	2	41
2016	8	29	22	8	67
2017	10	28	19	10	67
2018	9	24	18	5	56
2019	5	24	27	7	63
계	44	149	140	38	371
%	11.6	40.4	37.5	10.6	100.0

주: 연령기준은 인정당시의 연령임.

□ 폐암 인정자의 사망자 추이를 보면, 2012년 사망은 5명, 2013년 사망은 13명, 2014년 사망은 17명, 2019년 사망은 32명이었음.

○ 폐암으로 2011년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 30.0%이며, 2012년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 35.7%, 2013년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 35.3%인 것으로 나타남.

〈표 4-10〉 폐암 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년

구분		사망 연도									
인정 연도	인정자수	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	계	인정 대비
2011	10	4	0	0	0	1	1	1	0	7	70.0
2012	14	1	4	2	0	1	0	0	1	9	64.3
2013	34	0	9	8	1	1	3	0	0	22	64.7
2014	19	0	0	7	2	2	1	0	1	13	68.4
2015	41	0	0	0	9	6	5	2	4	26	63.4
2016	67	0	0	0	0	6	12	4	6	28	41.8
2017	67	0	0	0	0	0	6	17	3	26	38.8
2018	56	0	0	0	0	0	0	10	9	19	33.9
2019	63	0	0	0	0	0	0	0	8	8	12.7
계	371	5	13	17	12	17	28	34	32	158	42.6

□ 폐암 인정자의 재갱신 추이를 보면, 2011년 인정자의 경우에 4명, 2012년 인정자는 2명, 2013년 인정자 3명, 2015년 인정자 1명인 것으로 나타남.

〈표 4-11〉 폐암 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년

인정 연도	2016	2017	2018	2019	계
2011	2	2	0	0	4
2012	0	1	1	0	2
2013	0	0	3	0	3
2014	0	0	0	1	1
2015	0	0	0	1	1
계	2	3	4	2	11

다. 석면폐증 1급 인정 및 사망 현황

□ 석면폐증 1급 인정자수 추이를 보면, 2011년에 27명, 2015년에 21명, 2017년 31명이었으나 2018년 19명, 2019년 16명으로 최근에 감소 추이를 보임.

○ 석면폐증 1급 인정자의 인정 당시의 연령별 구성을 보면, 59세 이하는 약 7.5%, 60대는 24.7%, 70대 45.7%, 80세 이상 22.0%의 분포를 보이는 것으로 나타남.

□ 석면폐증 1급에서 폐암으로 상향조정된 경우를 살펴보면, 2015년에 2명, 2018년에 3명, 2019년에 2명인 것으로 나타남.

〈표 4-12〉 석면폐증 1급 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년

인정 년도	59세 이하	60-69세	70-79세	80세 이상	계	폐암으로 상향
2011	5	6	10	6	27	-
2012	1	5	4	3	13	1
2013	2	4	10	8	24	
2014	0	6	6	2	14	
2015	2	4	10	5	21	2
2016	2	6	7	6	21	2
2017	2	9	17	3	31	2
2018	0	4	11	4	19	3
2019	0	2	10	4	16	2
계	14	46	85	41	186	12
%	7.5	24.7	45.7	22.0	100.0	6.5

주: 연령기준은 인정당시의 연령임.

□ 석면폐증 1급 인정자의 사망자 수 추이를 보면, 2011년 3명, 2012년 7명, 2013년 3명, 2015년 11명, 2019년 18명이었음.

○ 석면폐증 1급으로 2011년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 40.7%이며, 2012년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 15.4%, 2013년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 41.7%인 것으로 나타남.

〈표 4-13〉 석면폐증 1급 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년

구분		사망 연도										
인정 연도	인정자 수	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	계	인정 대비
2011	27	3	4	1	2	2	1	1	0	2	16	59.3
2012	13	0	3	0	2	2	1	0	1	2	11	84.6
2013	24	0	0	2	2	2	2	3	1	2	14	58.3
2014	14	0	0	0	2	2	2	3	0	1	10	71.4
2015	21	0	0	0	0	3	2	1	0	1	7	33.3
2016	21	0	0	0	0	0	2	0	2	0	4	19.0
2017	31	0	0	0	0	0	0	2	4	5	11	35.5
2018	19	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	21.1
2019	16	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	12.5
계	186	3	7	3	8	11	10	10	9	18	79	42.5

□ 석면폐증 1급 인정자의 갱신 추이를 보면, 2011년 인정자의 경우에 14명, 2012년 인정자는 7명, 2013년 인정자 15명, 2014년 인정자 7명인 것으로 나타남.

〈표 4-14〉 석면폐증 1급 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년

인정 연도	2016	2017	2018	2019	계
2011	14	0	0	0	14
2012	1	6	0	0	7
2013	0	4	11	0	15
2014	0	0	2	5	7
2015	0	0	0	3	3
계	15	10	13	8	46

주: 석면폐증 2급 또는 석면폐증 3급에서 1급으로 등급 조정된 이후 동일한 등급으로 갱신한 경우를 포함한 결과임.

라. 석면폐증 2급 인정 및 사망 현황

□ 석면폐증 2급 인정자수 추이를 보면, 2011년에 53명, 2015년에 79명, 2017년 104명, 2018년 104명으로 증가하였으나, 2019년에는 84명으로 감소함.

○ 석면폐증 2급 인정자의 인정 당시의 연령별 구성을 보면, 59세 이하는 약 8.0%, 60대는 30.4%, 70대 44.4%, 80세 이상 17.2%의 분포를 보이는 것으로 나타남.

□ 석면폐증 2급에서 폐암으로 상향조정된 경우를 살펴보면, 2015년에 4명, 2018년에 5명, 2019년에 3명인 것으로 나타남.

○ 석면폐증 2급에서 석면폐증 1급으로 상향조정된 경우를 보면, 2017년에 6명, 2018년에 2명, 2019년에 4명인 것으로 나타남.

〈표 4-15〉 석면폐증 2급 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년

인정 년도	59세 이하	60-69세	70-79세	80세 이상	계	등급상향	
						폐암	폐증1급
2011	3	17	25	8	53	2	0
2012	8	12	28	11	59	0	1
2013	5	22	35	15	77	0	1
2014	3	28	30	16	77	1	3
2015	12	21	34	12	79	4	1
2016	8	31	37	12	88	3	7
2017	9	33	47	15	104	3	6
2018	8	30	46	20	104	5	2
2019	1	28	38	17	84	3	4
계	59	223	326	126	734	22	26
%	8.0	30.4	44.4	17.2	100.0		

주: 연령기준은 인정당시의 연령임. 악성중폐증으로 상향한 1건 제외.

□ 석면폐증 2급 인정자의 사망자 수 추이를 보면, 2011년 3명, 2012년 4명, 2013년 19명, 2015년 12명, 2019년 22명이었음.

- 석면폐증 2급으로 2011년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 58.5%이며, 2012년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 54.2%, 2013년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 57.1%인 것으로 나타남.

〈표 4-16〉 석면폐증 2급 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년

구분		사망 연도										
인정 연도	인정자 수	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	계	인정 대비
2011	53	3	2	2	2	2	3	4	1	3	23	41.5
2012	59	0	2	2	2	6	3	4	5	3	27	45.8
2013	77	0	0	15	3	2	5	2	3	3	33	42.9
2014	77	0	0	0	1	0	3	4	1	2	11	14.3
2015	79	0	0	0	0	2	1	0	1	4	8	10.1
2016	88	0	0	0	0	0	1	2	2	2	7	8.0
2017	104	0	0	0	0	0	0	2	1	2	5	4.8
2018	104	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	2.9
2019	84	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.2
계	734	3	4	19	8	12	16	18	15	22	117	15.9

- 석면폐증 2급 인정자의 갱신 추이를 보면, 2011년 인정자의 경우에 33명, 2012년 인정자는 50명, 2013년 인정자 65명, 2014년 인정자 68명인 것으로 나타났으며, 갱신이 되지 않은 경우는 상급 질병으로 재인정을 받았거나 사망에 따른 것으로 해석할 수 있음.

〈표 4-17〉 석면폐증 2급 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년

인정 연도	2015	2016	2017	2018	2019	계
2011	2	31	0	0	0	33
2012	0	4	46	0	0	50
2013	0	0	8	56	1*	65
2014	0	0	0	12	56	68

주: *2013년에 석면폐증 2급으로 인정을 받았고 이후 5년이상 경과된 2019년 다시 인정받은 경우도 재갱신으로 간주하고 포함함.

마. 석면폐증 3급 인정 및 사망 현황

□ 석면폐증 3급 인정자수 추이를 보면, 2011년에 74명, 2015년에 92명, 2017년 165명이었으나 2018년 252명, 2019년 401명으로 증가 추이를 보이고 있음.

○ 석면폐증 3급 인정자의 인정 당시의 연령별 구성을 보면, 59세 이하는 약 9.8%, 60대는 27.7%, 70대 42.5%, 80세 이상 20.0%의 분포를 보이는 것으로 나타남.

□ 석면폐증 3급에서 폐암으로 상향조정된 경우를 살펴보면, 2016년에 3명, 2018년에 4명, 2019년에 5명인 것으로 나타남.

○ 석면폐증 3급에서 석면폐증 1급으로 상향조정된 경우를 살펴보면, 2016년에 1명, 2018년에 1명, 2019년에 4명인 것으로 나타남.

○ 석면폐증 3급에서 석면폐증 2급으로 상향조정된 경우를 살펴보면, 2016년에 7명, 2018년에 13명, 2019년에 11명인 것으로 나타남.

〈표 4-18〉 석면폐증 3급 인정자의 연령별 인정자수 추이: 2011년~2019년

인정 년도	59세 이하	60-69세	70-79세	80세 이상	계	등급상향		
						폐암	폐증1급	폐증2급
2011	6	26	32	10	74	-	-	-
2012	3	17	33	9	62	0	1	7
2013	15	33	43	9	100	0	1	4
2014	10	15	30	9	64	1	1	4
2015	11	30	40	11	92	1	0	6
2016	21	63	69	15	168	3	1	7
2017	15	55	73	22	165	2	0	5
2018	23	65	99	65	252	4	1	13
2019	35	79	165	121	400	5	4	11
계	140	394	604	284	1,377	17	9	58

주: 연령기준은 인정당시의 연령임.

□ 석면폐증 3급 인정자의 사망자 수 추이를 보면, 2011년 5명, 2012년 2명, 2013년 7명, 2015년 8명, 2019년 27명이었음.

○ 석면폐증 3급으로 2011년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 81.1%이며, 2012년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 87.1%, 2013년 인정자가 2019년 이후에 생존할 경우는 87.0%인 것으로 나타남.

〈표 4-19〉 석면폐증 3급 인정자의 사망자 수 추이: 2011년~2019년

구분		사망 연도										
인정 연도	인정자 수	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	계	인정 대비
2011	74	5	2	0	2	1	1	2	1	0	14	18.9
2012	62	0	0	2	0	2	0	2	1	1	8	12.9
2013	100	0	0	5	1	2	2	2	1	0	13	13.0
2014	64	0	0	0	1	2	3	0	0	2	8	12.5
2015	92	0	0	0	0	1	2	1	2	1	7	7.6
2016	168	0	0	0	1	0	2	2	3	3	11	6.5
2017	165	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5	3.0
2018	252	0	0	0	0	0	0	0	1	10	11	4.4
2019	400	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	2.0
계	1,377	5	2	7	5	8	10	10	11	27	85	6.2

□ 석면폐증 3급 인정자의 갱신 추이를 보면, 2011년 인정자의 경우에 48명, 2012년 인정자는 52명, 2013년 인정자 77명, 2014년 인정자 48명인 것으로 나타남.

〈표 4-20〉 석면폐증 3급 인정자의 갱신 추이: 2011년~2019년

인정 연도	2015	2016	2017	2018	2019	계
2011	2	46	0	0	0	48
2012	0	4	47	0	1*	52
2013	0	0	19	58	0	77

주: *2012년에 석면폐증 3급으로 인정을 받았고 이후 5년이상 경과된 2019년 다시 인정 받은 경우도 재갱신으로 간주하고 포함함.

바. 인정자의 전이 확률

□ 구제급여 인정자는 코호트 상태로 이동하게 되는데, 본 연구에서는 2017년부터 2019년의 데이터를 pooling하여 인정 등급별 전이확률을 연령대별로 도출하였음.

□ 아래의 그림에서와 같이 세로축(t기)으로부터 가로축(t+1기)으로 이동하게 되는 확률을 제시하였음.

○ 예를 들어, 매년마다 등급 변화가 없는 악성중피종의 경우는 전이 확률이 1.0이 되며, 3급에서 2급에서 이동이 발생할 경우에는 3급에서 유지되는 확률과 2급으로 이동하는 확률의 합이 1.0이 됨.

□ 연령이 60대인 코호트를 보면 석면폐증 2급에서 폐암으로 이동할 확률은 0.00242이며, 석면폐증 3급에서 폐암으로 전이 확률은 0.00055, 석면폐증 1급으로의 전이확률은 0.00110, 2급으로의 전이확률은 0.00552이었으며, 마지막으로 석면폐증 3급에 지속적으로 유지되는 확률은 0.99283인 것으로 나타남.

〈표 4-21〉 최근 3년간 인정자의 등급별 전이 확률: 59세 이하

	(year=t+1)					
(year=t)	악성중피종	폐암	1급	2급	3급	계
악성중피종	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
폐암	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
1급	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	1.00000
2급	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000
3급	0.00000	0.00000	0.00000	0.00733	0.99267	1.00000

〈표 4-22〉 최근 3년간 인정자의 등급별 전이 확률: 60-69세

	(year=t+1)					
(year=t)	악성종피종	폐암	1급	2급	3급	계
악성종피종	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
폐암	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
1급	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	1.00000
2급	0.00000	0.00242	0.00000	0.99758	0.00000	1.00000
3급	0.00000	0.00055	0.00110	0.00552	0.99283	1.00000

□ 연령이 70대인 코호트를 보면 석면폐증 2급에서 폐암으로 이동할 확률은 0.00704이며, 석면폐증 1급으로 이동할 확률은 0.00939, 석면폐증 2급에 유지되는 확률은 0.98357인 것으로 나타남.

〈표 4-23〉 최근 3년간 인정자의 등급별 전이 확률: 70-79세

	(year=t+1)					
(year=t)	악성종피종	폐암	1급	2급	3급	계
악성종피종	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
폐암	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
1급	0.00000	0.03704	0.96296	0.00000	0.00000	1.00000
2급	0.00000	0.00704	0.00939	0.98357	0.00000	1.00000
3급	0.00000	0.00299	0.00239	0.00597	0.98865	1.00000

〈표 4-24〉 최근 3년간 인정자의 등급별 전이 확률: 80세 이상

	(year=t+1)					
(year=t)	악성종피종	폐암	1급	2급	3급	계
악성종피종	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
폐암	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
1급	0.00000	0.00855	0.99145	0.00000	0.00000	1.00000
2급	0.00000	0.00758	0.00758	0.98485	0.00000	1.00000
3급	0.00000	0.00557	0.00046	0.01114	0.98282	1.00000

사. 구제급여 지급액

- 석면 노출로 인한 건강피해를 구제하기 위하여 지급되는 구제급여는 요양급여, 요양생활수당, 장의비, 구제급여조정금, 진찰·검사비용이 있음.
- 구제급여 지출은 매년 증가하고 있으며, 2016년에는 전년대비 28.5%, 2017년에는 전년대비 25.3%, 2018년에는 전년대비 19.8%, 2019년에는 8.9%가 증가한 것으로 나타남.
- 구제급여 항목 중에서 가장 높은 비중을 차지하는 것은 요양생활수당으로, 요양생활수당은 2019년 기준으로 보면 전체 급여 중에 요양생활수당이 차지하는 비중이 약 82.2%인 것으로 나타남.
 - 요양생활수당은 2017년에 72억 5천 7백만 원, 2018년에 87억 1천 8백만 원, 2019년 95억 3천 4백만 원이 지출됨.
- 요양급여 지출은 2011년 3천 6백만 원에서 2016년 1억 3천 9백만 원, 2019년 3억 6천 1백만 원으로 증가하였으며, 전체 급여에서 3.1% 비중을 차지하고 있음.
- 장의비는 인정자가 사망한 경우에 유족에게 지급하는 것으로 2017년 2억 1백만 원, 2018년 2억 6천 2백만 원, 2019년 2억 8천 7백만 원으로 증가하고 있음.
- 구제급여조정금은 석면질병으로 지급받은 요양급여와 요양생활수당의 합계액이 특별유족조의금의 액수보다 적은 때에 유족에게 차액부분을 지급하는 것으로, 2019년에는 13억 4천 8백만 원이 지급되었으며, 전체 급여의 약 11.6%를 차지하는 것으로 나타남.

〈표 4-25〉 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

(단위: 백만 원, %)

연도	요양급여	미지급 요양급여	요양생활수 당	장의비	조정금	검사비용	전체	전년대비 증가율
2011	36	-	813	35	425	17	1,326	-
2012	47	-	1,756	100	1,048	19	2,971	124.0
2013	44	-	2,555	102	954	14	3,669	23.5
2014	74	1	4,014	134	1,052	8	5,285	44.0
2015	91	13	4,477	135	783	19	5,518	4.4
2016	139	20	5,838	161	912	23	7,093	28.5
2017	189	25	7,257	201	1,190	26	8,887	25.3
2018	280	31	8,718	262	1,331	24	10,647	19.8
2019	361	34	9,534	287	1,348	28	11,592	8.9
%	3.1	0.3	82.2	2.5	11.6	0.2	100.0	-

□ 구제급여를 석면 질환별로 살펴보면, 2019년을 기준으로 악성중피종에 지출한 급여는 전체 급여 중에 약 24.6%에 해당하며, 폐암으로 지출한 급여비는 전체의 32.5%인 것으로 나타남.

○ 석면폐증 1급의 경우 2019년 기준으로 전체 급여의 13.3%, 석면폐증 2급의 경우 13.3%, 석면폐증 3급의 경우 16.3%인 것으로 나타남.

〈표 4-26〉 질환별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

(단위: 백만 원, %)

연도	악성중피종	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	전체	전년대비 증가율
2011	841	52	122	177	134	1,326	-
2012	1,795	270	255	405	247	2,971	124.0
2013	1,732	619	317	650	350	3,669	23.5
2014	2,217	1,049	436	1,033	550	5,285	44.0
2015	2,048	1,238	769	977	487	5,518	4.4
2016	2,218	2,023	975	1,170	708	7,093	28.5
2017	2,749	2,544	1,194	1,367	1,033	8,887	25.3

□ 석면피해 질환별로 구제급여 항목에 대한 급여지출 추이를 살펴보면 다음과 같음.

○ 악성중피종의 경우 요양생활수당이 21억 1백만 원(2019년 기준)이며, 대상 질환 급여의 약 73.8%를 차지하고 있으며, 구제급여조정금이 5억 5천만 원(2019년 기준)으로 19.3%를 차지하고 있는 것으로 나타남.

〈표 4-27〉 악성중피종의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

(단위: 백만 원, %)

연도	요양급여	미지급 요양급여	요양생활수당	장의비	조정금	검사비용	전체
2011	33	-	370	30	401	8	841
2012	44	-	736	81	923	11	1,795
2013	39	-	979	66	643	6	1,732
2014	42	1	1,456	76	637	5	2,217
2015	37	4	1,406	79	514	7	2,048
2016	34	8	1,574	76	518	9	2,218
2017	59	13	1,801	89	776	11	2,749
2018	77	11	1,917	84	616	9	2,714
2019	93	11	2,101	85	550	8	2,848
%	3.3	0.4	73.8	3.0	19.3	0.3	100.0

○ 석면폐암의 경우 요양생활수당이 28억 2천 2백만 원(2019년 기준)이며, 대상 질환 급여의 약 74.8%를 차지하고 있으며, 구제급여조정금이 7억 2천 3백만 원(2019년 기준)으로 19.2%를 차지하고 있는 것으로 나타남.

〈표 4-28〉 석면폐암의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

(단위: 백만 원, %)

연도	요양급여	미지급 요양급여	요양생활수당	장의비	조정금	검사비용	전체
2011	3	-	48	-	-	1	52
2012	3	-	157	10	100	1	270
2013	5	-	316	22	273	4	619
2014	12	-	672	31	333	1	1,049
2015	20	1	942	26	244	5	1,238
2016	36	1	1,559	49	372	7	2,023
2017	47	3	2,108	48	332	5	2,544
2018	75	4	2,676	87	668	5	3,514
2019	98	14	2,822	108	723	9	3,773
%	2.6	0.4	74.8	2.9	19.2	0.2	100.0

○ 석면폐증 1급의 경우 요양생활수당이 14억 1천 5백만 원(2019년 기준)이며, 대상 질환 급여의 약 91.9%를 차지하고 있으며, 요양급여지출이 5천만 원(2019년 기준)으로 3.2%를 차지하며, 구제급여조정금 및 장의비가 2.2%, 2.3%를 차지하고 있는 것으로 나타남.

〈표 4-29〉 석면폐증 1급의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

(단위: 백만 원, %)

연도	요양급여	미지급 요양급여	요양생활수당	장의비	조정금	검사비용	전체
2011	-	-	96	4	20	2	122
2012	-	-	228	6	20	1	255
2013	-	-	277	8	32	0	317
2014	5	-	346	19	66	0	436
2015	11	6	729	13	9	1	769
2016	25	9	904	18	18	1	975
2017	29	6	1,102	23	34	1	1,194
2018	47	4	1,410	21	3	1	1,487
2019	50	4	1,415	36	35	1	1,540

- 석면폐증 2급의 경우 요양생활수당이 14억 1천 7백만 원(2019년 기준)이며, 대상 질환 급여의 약 91.6%를 차지하고 있으며, 요양급여지출이 7천만 원(2019년 기준)으로 4.5%를 차지하며, 구제급여조정금 및 장의비가 각각 1.5%, 1.9%를 차지하고 있는 것으로 나타남.

〈표 4-30〉 석면폐증 2급의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

(단위: 백만 원, %)

연도	요양급여	미지급 요양급여	요양생활수당	장의비	조정금	검사비용	전체
2011			174			3	177
2012			401			3	405
2013			638	4	6	2	650
2014	11		996	8	16	1	1,033
2015	17	1	950	6	1	3	977
2016	27	3	1,129	7	1	3	1,170
2017	33	4	1,246	34	47	4	1,367
2018	44	13	1,438	48	34	4	1,581
2019	70	4	1,417	30	23	2	1,546
%	4.5	0.3	91.6	1.9	1.5	0.2	100.0

- 석면폐증 3급의 경우 요양생활수당이 17억 7천 9백만 원(2019년 기준)이며, 대상 질환 급여의 약 94.4%를 차지하고 있으며, 요양급여지출이 5천 1백만 원(2019년 기준)으로 2.7%를 차지하며, 구제급여조정금 및 장의비가 각각 0.9%, 1.5%를 차지하고 있는 것으로 나타남.

〈표 4-31〉 석면폐증 3급의 급여유형별 구제급여 지급현황: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

(단위: 백만 원, %)

연도	요양급여	미지급 요양급여	요양생활수당	장의비	조정금	검사비용	전체
2011		-	125	2	4	3	134
2012		-	234	4	6	3	247
2013		-	345	2	1	2	350
2014	4	-	545			1	550
2015	7	1	450	11	16	3	487
2016	17		673	11	3	4	708
2017	20		1,000	7	1	5	1,033
2018	37	0	1,277	23	11	4	1,351
2019	51	1	1,779	28	17	8	1,884
%	2.7	0.0	94.4	1.5	0.9	0.4	100.0

□ 석면피해 구제급여는 항목마다 지급을 받지 않은 경우가 발생하며 지급 대상자와 실제 지급을 받는 수혜자와 차이가 있기 때문에, 모형에서는 연간 일인당 항목별 단위비용으로 적용하였음.

□ 석면피해 질환별로 연간 지급받고 있는 일인당 연간 급여액을 구제급여 항목별로 살펴보면 다음과 같음.

○ 악성중피종의 경우 요양생활수당으로 일인당 연평균 1천 2백만 원을 받고 있으며, 요양급여를 지출하는 경우에 일인당 평균 1백만 원을 받고 있는 것으로 나타남.

○ 석면폐암의 경우 요양생활수당으로 일인당 연평균 1천 1백 66만 원을 받고 있으며, 요양급여를 지출하는 경우에 일인당 평균 91만원을 받고 있는 것으로 나타남.

- 구제급여 조정금 수혜 대상자의 경우에 연평균 2천 1백만 원을 받고 있으며, 장의비 대상자는 연평균 2백만 원을 받는 것으로 나타남.

〈표 4-32〉 악성종피종의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년

(단위: 백만 원, 명)

구분	요양급여		요양생활수당		장의비	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하	1.035	25	12.514	56	2.341	9
60-69세	1.317	34	12.533	58	2.139	6
70-79세	0.925	23	11.792	51	2.343	15
80세 이상	0.299	3	8.007	9	2.346	7
계	1.092	85	12.075	174	2.310	37
구분	구제급여 조정금		미지급 요양급여		검사비용	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하	16.075	5	2.057	3	0.290	10
60-69세	19.143	3	2.429	2	0.241	11
70-79세	20.398	14			0.204	11
80세 이상	21.068	6				
계	19.635	28	2.206	5	0.243	32

주: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

〈표 4-33〉 석면폐암의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년

(단위: 백만 원, 명)

구분	요양급여		요양생활수당		장의비	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하	1.863	9	12.488	20	2.334	4
60-69세	0.998	27	12.031	82	2.343	15
70-79세	0.763	51	10.993	101	2.204	22
80세 이상	0.744	20	12.179	39	2.162	7
계	0.912	107	11.660	242	2.252	48
구분	구제급여 조정금		미지급 요양급여		검사비용	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하	35.197	1	0.765	2	0.349	5
60-69세	20.664	14	5.454	1	0.225	12
70-79세	21.194	15	0.555	6	0.305	12
80세 이상	20.179	4	1.698	2	0.226	3

주: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

- 석면폐증 1급의 경우 요양생활수당으로 일인당 연평균 9백만 원을 받고 있으며, 요양급여를 지출하는 경우에 일인당 평균 75만원을 받고 있는 것으로 나타남.

〈표 4-34〉 석면폐증 1급의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년

(단위: 백만 원, 명)

구분	요양급여		요양생활수당		장의비	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하	0.072	1	7.753	3	2.346	1
60-69세	0.574	10	9.772	26	2.346	1
70-79세	0.799	43	9.220	72	2.346	6
80세 이상	0.800	12	9.297	51	2.123	8
계	0.754	66	9.311	152	2.235	16
구분	구제급여 조정금		미지급 요양급여		검사비용	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하	2.694	1				
60-69세					0.156	2
70-79세	4.459	3	0.739	3	0.186	4
80세 이상	9.261	2	1.730	1		
계	5.766	6	0.987	4	0.176	6

주: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

- 석면폐증 2급의 경우 요양생활수당으로 일인당 연평균 4백 99만원을 받고 있으며, 요양급여를 지출하는 경우에 일인당 평균 35만원을 받고 있는 것으로 나타남.
- 석면폐증 3급의 경우 요양생활수당으로 연간 일인당 2백 59만원을 받고 있으며, 요양급여를 지출하는 경우에는 일인당 23만원을 받고 있는 것으로 나타남.

〈표 4-35〉 석면폐증 2급의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년

(단위: 백만 원, 명)

구분	요양급여		요양생활수당		장의비	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하	0.163	6	6.036	10		
60-69세	0.335	38	5.099	83	2.346	1
70-79세	0.326	106	4.889	128	1.947	6
80세 이상	0.450	48	4.878	63	1.979	8
계	0.353	198	4.988	284	1.991	15
구분	구제급여 조정금		미지급 요양급여		검사비용	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하						
60-69세	8.122	1			0.152	7
70-79세	11.732	1	2.670	1	0.136	7
80세 이상	1.053	3	1.536	1	0.163	2
계	4.603	5	2.103	2	0.146	16

주: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

〈표 4-36〉 석면폐증 3급의 일인당 구제급여 지급현황: 2019년

(단위: 백만 원, 명)

구분	요양급여		요양생활수당		장의비	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하	0.154	14	2.467	1.073	55	1
60-69세	0.140	61	2.590	1.146	155	2
70-79세	0.217	95	2.548	1.169	290	9
80세 이상	0.404	49	2.678	1.090	188	12
계	0.233	219	2.586	1.135	688	
구분	구제급여 조정금		미지급 요양급여		검사비용	
	평균	인원수	평균	인원수	평균	인원수
59세 이하					0.211	8
60-69세					0.172	17
70-79세	2.604	2			0.151	14
80세 이상	2.965	4	0.360	2	0.141	9
계	2.845	6	0.360	2	0.167	48

주: 특별유족조위금 및 특별장의비 제외

제3절 기본 모형 분석 결과

- 앞서 설명한 바와 같이 구제급여 소요액 전망 모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 구축하여 분석하였음.
 - 코호트는 연령대별로 40대, 50대, 60대, 70대, 80대 이상인 5개의 연령별 코호트로 구분하여 구성하였음.
 - 단, 20대(전체의 0.3%)와 30대 인정자(전체의 0.5%)의 경우는 40대 코호트에 포함하여 분석함.
 - 100세 이후의 연령대에 이르게 되면 모두 사망하는 것으로 가정함.
 - 코호트 상태는 석면피해 질병인 악성중피종, 폐암, 석면폐증 1급, 석면폐증 2급, 석면폐증 3급의 5개 유형으로 구분하였음.
 - 코호트 주기는 매년 1년 단위로 변화하는 것으로 함.
 - 기본 모형에서 발생자수는 2017년~2019년 최근 3년의 평균 발생률을 적용하여 보수적으로 접근하였으며, 2015년~2019년의 최근 5년간의 평균 발생률을 적용한 결과에 대해서도 제시함.
 - 앞 장의 발생자수 예측 모형을 통해 분석한 결과를 기초로 모형의 시나리오로 구성하여 분석하였음.
- 급여지출비용과 관련해서는 기본모형에서 우선 물가상승률을 반영하지 않은 불변가격으로 제시하였음.
 - 또한, 물가상승률 3%를 적용하여 명목가격을 제시하였음.
 - 시나리오 구성에서는 물가상승률 2%를 추가로 구성하여 제시하였음.
 - 일인당 단위비용을 산출하기 위해서 급여 항목별로 이용률을 도출하여 일인당 평균비용에 곱하여 산출하였음.
 - $\text{이용율}(\%) = (\text{실제 비용 지출한 인원수} / \text{급여대상자 수}) \times 100$

가. 40-49세 코호트의 변화 및 비용 지출

- 40대 코호트의 연도별 변화를 살펴보면, 40대는 연령이 증가할수록 석면피해 발생 확률이 높아지므로, 이로 인해서 발생자수도 지속적으로 증가하는 것으로 나타남.
- 40대의 중간연령인 45세를 기준으로 할 때, 10년 이후인 55세가 되는 2029년에는 악성중피종의 코호트 수(유병인구 또는 누적 인정자수)는 44.6명으로 증가하게 됨.
 - 2029년 폐암의 유병인구는 22.5명, 석면폐증 1급의 유병인구는 1.3명, 석면폐증 2급의 유병인구는 24.1명, 석면폐증 3급의 유병인구는 80.9명으로 증가하게 되는 것으로 나타남.
- 40대 코호트의 변화에 따른 급여지출을 전망하면, 10년 이후인 2029년에 급여대상자 수는 173.4명이며 이에 지출되는 불변가격에 따른 급여는 약 12억 원인 것으로 전망됨.
- 물가상승률 3%를 적용한 명목 급여지출은 10년 이후인 2029년에 약 16억 원이 지출될 것으로 전망됨.

〈표 4-37〉 40-49세 코호트 변화

(단위: 명, 백만 원)

연도	악성 종괴증	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계	급여지출 (불변)	급여지출 (명목)
2019	25.0	4.5	0.5	3.0	6.5			
2020	30.2	6.7	0.3	5.4	15.5	58.2	588	605
2021	32.1	9.1	0.5	7.5	23.9	73.2	671	711
2022	33.7	11.2	0.7	9.6	31.8	86.9	742	811
2023	35.0	12.9	0.8	11.6	39.1	99.4	804	905
2024	36.5	14.7	0.9	14.0	47.4	113.6	873	1,012
2025	37.8	16.3	1.0	15.7	53.4	124.2	928	1,108
2026	40.1	18.2	1.1	17.8	60.7	138.0	1,009	1,241
2027	42.1	20.0	1.2	19.8	67.3	150.3	1,078	1,366
2028	44.6	21.8	1.3	21.9	74.5	164.2	1,160	1,514
2029	44.6	22.5	1.3	24.1	80.9	173.4	1,184	1,591
2030	45.1	23.3	1.4	24.7	82.1	176.7	1,208	1,673

주: 2019년도는 실측치, 명목치는 물가상승률 3%적용

나. 50-59세 코호트의 변화 및 비용 지출

□ 50대 연령 코호트의 연도별 변화를 살펴보면, 2030년까지 지속적으로 증가하는 것으로 나타남.

○ 50대는 처음에 연령이 증가할수록 석면피해 발생 확률이 높아지므로, 발생자 수도 지속적으로 증가하는 것으로 나타남.

□ 50대의 중간연령인 55세를 기준으로 할 때, 10년 이후인 65세가 되는 2029년에는 악성종괴증의 코호트 수(유병인구 또는 누적 인정자수)는 85.0명으로 증가하게 되며, 폐암의 유병인구는 140.9명, 석면폐증 1급의 유병인구는 30.3명, 석면폐증 2급의 유병인구는 210.5명, 석면폐증 3급의 유병인구는 464.1명으로 증가하게 되는 것으로 나타남.

□ 50대 연령 코호트의 변화에 따른 급여지출을 전망하면, 10년 이후인 2029년에 급여 대상자 수는 930.9명에 이르게 되며, 이에 지출되는 급여(불변가격 기준)는 약 51억 원인 것으로 전망됨.

○ 물가상승률 3%를 적용한 명목 급여지출은 10년 이후인 2029년에 약 69억 원이 지출될 것으로 전망됨.

〈표 4-38〉 50-59세 코호트 변화

(단위: 명, 백만 원)

연도	악성 종피증	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계	급여지출	급여지출 (명목)
2019	31.0	17.5	2.5	25.0	82.5			
2020	41.2	23.5	3.2	30.4	100.1	198.4	1,211	1,247
2021	45.6	25.7	2.7	33.4	108.6	216.0	1,323	1,403
2022	50.2	28.0	2.3	36.7	117.8	235.0	1,443	1,577
2023	53.9	29.9	2.1	39.9	126.3	252.2	1,546	1,740
2024	67.4	51.5	6.2	69.6	184.8	379.5	2,358	2,734
2025	69.7	70.7	10.8	95.0	235.5	481.7	2,891	3,452
2026	73.9	90.7	15.8	122.9	291.1	594.4	3,484	4,284
2027	77.0	107.8	20.5	148.8	342.1	696.2	3,999	5,066
2028	84.4	129.6	26.3	181.4	406.9	828.6	4,703	6,136
2029	85.0	140.9	30.3	210.5	464.1	930.9	5,102	6,857
2030	89.3	156.2	35.2	230.4	499.8	1,010.9	5,567	7,706

주: 2019년도는 실측치, 명목치는 물가상승률 3%적용

다. 60-69세 코호트의 변화 및 비용 지출

- 60대 연령 코호트의 연도별 변화를 살펴보면, 악성종괴종, 폐암, 석면폐증 1급은 지속적으로 증가하는 것으로 나타났으나, 석면폐증 2급 및 석면폐증 3급은 2030년에 조금 감소하기 시작하는 것으로 나타남.
- 60대는 처음에 연령이 증가할수록 발생자수도 지속적으로 증가하다가 70대 중반 이후부터는 발생자수가 점차 감소하면서 코호트 수도 감소하는 것으로 나타남.
- 60대의 중간연령인 65세를 기준으로 할 때, 10년 이후인 75세가 되는 2029년에는 악성종괴종의 코호트 수(유병인구 또는 누적 인정자수)는 111.2명으로 증가하게 되며, 폐암의 유병인구는 159.6명, 석면폐증 1급의 유병인구는 110.4명, 석면폐증 2급의 유병인구는 385.3명, 석면폐증 3급의 유병인구는 930.4명으로 증가하게 되는 것으로 나타남.
- 60대 연령 코호트의 변화에 따른 급여지출을 전망하면, 10년 이후인 2029년에 급여 대상자 수는 1,697명에 이르게 되며, 이에 지출되는 급여(불변가격 기준)는 약 80억 원인 것으로 전망됨. 물가상승률 3%를 적용한 명목 급여지출은 10년 이후인 2029년에 약 108억 원이 지출될 것으로 전망됨.

〈표 4-39〉 60-69세 코호트 변화

(단위: 명, 백만 원)

연도	악성종피 종	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계	급여지출	급여지출 (명목)
2019	57.0	86.0	28.0	141.0	292.0			
2020	73.9	112.6	33.7	185.8	381.6	787.6	4,327	4,457
2021	76.7	126.1	37.2	205.7	421.4	867.0	4,733	5,022
2022	80.4	139.7	40.8	226.7	463.1	950.7	5,164	5,643
2023	83.0	151.2	44.2	245.9	500.5	1024.8	5,530	6,224
2024	96.8	165.8	59.5	299.1	642.7	1264.0	6,652	7,711
2025	100.3	160.5	71.9	311.4	695.3	1339.3	6,877	8,211
2026	104.2	158.7	83.4	324.8	746.3	1417.3	7,155	8,800
2027	106.5	157.7	93.3	335.3	786.8	1479.5	7,376	9,344
2028	109.5	158.7	102.5	346.7	827.1	1544.7	7,637	9,965
2029	111.2	159.6	110.4	385.3	930.4	1696.8	8,012	10,768
2030	116.9	165.2	119.6	365.8	893.6	1661.0	8,202	11,354

주: 2019년도는 실측치, 명목치는 물가상승률 3%적용

라. 70-79세 코호트의 변화 및 비용 지출

□ 70대 연령 코호트의 연도별 변화를 살펴보면, 2024년에 가장 높은 코호트 수를 보이다가, 그 이후부터는 점차 감소하는 것으로 나타남.

□ 70대의 중간연령인 75세를 기준으로 할 때, 10년 이후인 85세가 되는 2029년에는 악성종피종의 코호트 수(유병인구 또는 누적 인정자수)는 13.2명으로 감소하게 되며, 폐암의 유병인구는 68.3명, 석면폐증 1급의 유병인구는 68.8명, 석면폐증 2급의 유병인구는 263.8명, 석면폐증 3급의 유병인구는 719.9명으로 감소하게 되는 것으로 나타남.

□ 70대 연령 코호트의 변화에 따른 급여지출을 전망하면, 2024년에 급여 대상자 수는 1,621.4명에 이르게 되며, 이에 지출되는 급여(불변가격 기준)는 약 75억 원으로 가장 높은 지출을 보이다가 이후부터는 점차 감소하는 것으로 전망됨. 물

가상승률 3%를 적용한 명목 급여지출은 2024년에 약 87억 원이 지출될 것으로 전망됨.

〈표 4-40〉 70-79세 코호트 변화

(단위: 명, 백만 원)

연도	악성 종피종	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계	급여지출	급여지출 (명목)
2019	51.0	100.0	67.0	284.0	530.0			
2020	71.0	120.6	80.2	343.7	672.3	1287.8	5,862	6,038
2021	74.8	121.3	86.3	351.9	716.8	1351.1	6,095	6,466
2022	78.9	123.6	92.5	362.2	763.3	1420.6	6,369	6,959
2023	81.1	125.0	97.6	370.1	801.1	1474.9	6,561	7,384
2024	81.1	124.5	104.1	402.6	909.1	1621.4	7,538	8,739
2025	45.0	108.0	96.1	362.5	863.9	1475.5	6,146	7,339
2026	27.8	94.5	88.3	326.1	810.6	1347.4	5,256	6,464
2027	19.8	84.2	81.3	295.4	761.9	1242.6	4,668	5,913
2028	15.6	75.4	74.7	267.8	711.7	1145.3	4,205	5,487
2029	13.2	68.3	68.8	263.8	719.9	1134.1	3,969	5,334
2030	10.9	60.9	62.7	211.9	588.8	935.2	3,396	4,700

주: 2019년도는 실측치, 명목치는 물가상승률 3%적용
100세 이후는 모두 사망하는 것으로 가정.

마. 80세 이상 코호트의 변화 및 비용 지출

□ 80세 이상 연령 코호트의 연도별 변화를 살펴보면, 점차 감소하는 것으로 나타남.

□ 2025년에는 악성종피종의 코호트 수(유병인구 또는 누적 인정자수)는 3.5명으로 감소하게 되며, 폐암의 유병인구는 11.0명, 석면폐증 1급의 유병인구는 20.1명, 석면폐증 2급의 유병인구는 7.3명, 석면폐증 3급의 유병인구는 24.9명으로 감소하게 되는 것으로 나타남.

□ 2025년에 급여 대상자 수는 66.9명에 이르게 되며, 이에 지출되는 급여(불변가

격 기준)는 약 5억 원으로 지출액이 지속적으로 감소하는 것으로 전망됨.

○ 물가상승률 3%를 적용한 명목 급여지출은 2025년에 약 6억 5천만 원이 지출 될 것으로 전망됨.

〈표 4-41〉 80세 이상 코호트 변화

(단위: 명, 백만 원)

연도	악성 종피종	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계	급여지출	급여지출 (명목)
2019	9.0	34.0	49.0	187.0	333.0			
2020	9.7	23.2	37.1	87.3	168.8	326.1	1,485	1,529
2021	7.5	21.3	33.6	45.0	95.3	202.7	1,155	1,226
2022	6.2	18.6	29.9	25.1	60.8	140.7	941	1,029
2023	5.3	16.0	26.5	15.6	43.7	107.0	790	889
2024	4.2	13.2	23.1	10.2	31.8	82.5	650	754
2025	3.5	11.0	20.1	7.3	24.9	66.9	545	651
2026	3.0	9.2	17.5	5.7	20.4	55.7	462	569
2027	2.5	7.7	15.2	4.6	17.1	47.1	394	499
2028	2.2	6.5	13.1	3.8	14.4	39.9	335	437
2029	1.8	5.4	11.4	1.7	6.8	27.2	273	367
2030	1.5	4.5	9.8	1.1	4.3	21.2	228	316

주: 2019년도는 실측치, 명목치는 물가상승률 3%적용
100세 이후는 모두 사망하는 것으로 가정.

바. 전체 코호트의 변화 및 비용 지출

□ 앞서 살펴본 연령대별 코호트 변화를 모두 합한 전체 코호트 변화를 제시하면 다음의 표와 같음.

○ 마르코프 코호트 시뮬레이션에 따른 발생자수 변화를 보면,

□ 마르코프 코호트 시뮬레이션으로 분석한 결과, 코호트 수는 전반적으로 매년 증가하는 것으로 전망됨.

○ 분석 시점인 2019년의 10년 이후인 2029년에 이르면, 전체 코호트 수는

3,962,2명으로 증가할 것으로 전망되며, 악성종피종은 255.8명으로, 폐암은 396.7명으로, 석면폐증 1급은 221.1명으로, 석면폐증 2급은 885.4명으로, 석면폐증 3급은 2,202.2명으로 증가할 것으로 전망됨.

□ 2029년의 급여지출은 불변가격을 기준으로 볼 때, 185억 원으로 증가하게 되며, 물가상승률을 반영한 명목가격을 기준으로 볼 때, 2029년에 약 249억 원이 지출될 것으로 전망됨.

□ 이와 같은 결과는 현재 수준의 석면피해 발생자수 및 사망자 수 등이 향후에도 유지된다는 가정에 따른 기본 모형의 전망 결과임.

○ 따라서 석면 피해 발생자수의 규모가 향후 증감할 수 있으므로, 발생자수 예측 결과를 반영하여 석면구제급여 소요액을 전망할 필요가 있으며, 이에 다음 절에서 시나리오를 구성하여 분석함.

〈표 4-42〉 마르코프 시뮬레이션 모형에 따른 발생자수 변화: 기본 모형의 경우

(단위: 명)

연도	악성 종피종	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계
2020	53.7	59.4	20.6	91.0	247.2	471.8
2021	52.9	58.2	20.0	88.7	239.7	459.5
2022	55.8	61.3	20.9	92.8	248.3	479.2
2023	54.8	60.0	20.3	90.1	240.1	465.4
2024	52.8	68.7	28.5	121.7	359.3	631.0
2025	52.2	67.5	27.9	119.1	349.7	616.4
2026	55.6	70.6	28.4	121.5	348.7	624.7
2027	54.8	69.4	27.7	118.7	338.8	609.4
2028	60.0	76.0	29.0	126.0	350.4	641.4
2029	53.3	67.2	27.0	114.5	320.1	582.0
2030	59.7	74.3	29.3	123.8	335.4	622.5

주: 100세 이후는 모두 사망하는 것으로 가정.

〈표 4-43〉 코호트 변화: 기본 모형의 경우

(단위: 명, 백만 원)

연도	악성 종피종	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계	급여지출	급여지출 (명목)
2019	173.0	242.0	147.0	640.0	1244.0	2,446.0	11,592	
2020	226.0	286.7	154.5	652.6	1338.3	2,658.0	13,472	13,876
2021	236.7	303.4	160.3	643.6	1366.0	2,710.0	13,977	14,828
2022	249.3	321.1	166.2	660.4	1436.8	2,833.9	14,659	16,018
2023	258.3	335.0	171.1	683.1	1510.7	2,958.3	15,230	17,142
2024	286.1	369.8	193.8	795.4	1815.8	3,461.0	18,071	20,949
2025	256.2	366.5	199.9	792.0	1873.0	3,487.6	17,387	20,761
2026	249.0	371.4	206.1	797.2	1929.1	3,552.9	17,366	21,357
2027	248.1	377.3	211.5	803.9	1975.1	3,615.8	17,515	22,187
2028	256.2	392.1	218.1	821.6	2034.5	3,722.6	18,040	23,538
2029	255.8	396.7	222.1	885.4	2202.2	3,962.2	18,541	24,917
2030	263.8	410.0	228.6	833.9	2068.6	3,805.0	18,601	25,748

주: 2019년도는 실측치, 명목치는 물가상승률 3%적용
100세 이후는 모두 사망하는 것으로 가정.

제4절 시나리오의 구성

□ 석면 피해로 인한 발생자수를 예측하기 위해서 가용한 국내 데이터는 석면피해구제관리시스템의 DB와 석면이용량에 대한 자료가 있음.

□ 석면피해 인정자에 대한 DB는 2011년부터 2019년까지 9년간 데이터가 구축되어 있어 국내 실정에 맞는 발생자수를 추정하기 위해 매우 유용한 데이터이지만, 시계열 분석을 위해서는 다소 기간이 짧아 분석의 한계가 있음.

○ 특히, 불과 9년의 자료를 활용하여 향후 30년 또는 40년을 전망한다는 것은 매우 불확실성을 내재하고 있다는 한계점이 있음.

□ 석면피해로 인해 질병으로 발현되기 까지 잠재기간이 20년~50년인 것으로 알려져 있음.

- 본 연구에서는 석면 질환의 잠재 기간이 36년인 것으로 가정하여 다소 보수적인 접근 방식을 선택하였음.
- 만약 우리나라의 잠재 기간이 40년~50년이라고 한다면, 본 연구에서 전망한 결과보다 더 높은 발생자수가 나타나게 될 것이며, 이는 연구 결과에서 제시한 급여 소요액이 최소값이 될 것으로 예상할 수 있기 때문임.
- 본 연구에서는 시나리오를 크게 두 영역으로 구성함.
 - 석면피해자의 질병별 발생률을 예측하고 증감률 변화에 따른 소요액 변화
 - 석면피해제도 변화에 따른 소요액 변화

가. 발생자수 예측 결과를 반영한 시나리오

1) 악성중피종 발생자수 예측 및 시나리오

- 악성중피종 발생자수를 예측하기 위해서 69세 이하와 70세 이상의 연령대로 구분하여 분석하였으며, 분석모형은 VECM을 적용함.
- 악성중피종의 발생자수를 예측한 결과, 69세 이하의 연령층에서는 십만 명당 발생률이 2023년까지 증가하다가 이후부터는 점차 감소하는 것으로 나타났으나, 70세 이상 연령층에서는 십만 명당 발생률이 지속적으로 증가하는 것으로 나타남.
- 통계청의 추계인구를 활용하여 2020년부터 2030년까지 전망 인구 수에 적용한 결과, 69세 이하 발생자수는 2025년에 27.0명, 2030년에 23.5명으로 감소하게 되며, 70세 이상 발생자수는 2025년 23.4명, 2030년에 30.7명으로 증가하게 되는 것으로 전망됨

□ 본 연구의 기본 모형에 악성중피종 발생자수 예측모형에서는 전반적으로 증가하는 추이를 보이고 있으나, 본 연구의 기본 모형에 비하여 발생자수의 증가가 다소 적은 것으로 예측됨.

□ 따라서 발생자수 증가율을 69세 이상의 경우 매년 1%증가, 70세 이상의 경우 매년 4% 증가할 것으로 가정하고 이에 대한 시나리오 분석을 수행함.

〈표 4-44〉 원발성 악성중피종 발생자수 예측 결과를 반영

(단위: 십만 명당, 명)

연도	발생자수 예측 모형					본 연구 기본모형	발생자수 증감률 반영
	69세 이하 발생률	70세 이상 발생률	69세 이하 발생자수	70세 이상 발생자수	소계		
2019			26.0	20.0	46.0		
2020	0.1223	0.3320	28.7	17.4	46.1	53.7	54.9
2021	0.1208	0.3603	28.9	19.5	48.4	52.9	55.2
2022	0.1172	0.3455	28.3	19.5	47.8	55.8	59.6
2023	0.1153	0.3544	28.1	20.8	48.9	54.8	59.8
2024	0.1121	0.3503	27.5	21.7	49.2	52.8	60.8
2025	0.1098	0.3533	27.0	23.4	50.4	52.2	61.8
2026	0.1068	0.3524	26.4	24.8	51.2	55.6	67.3
2027	0.1044	0.3537	25.7	26.1	51.8	54.8	68.2
2028	0.1016	0.3538	25.0	27.2	52.2	60.0	76.0
2029	0.0991	0.3545	24.3	28.8	53.1	53.3	70.4
2030	0.0963	0.3549	23.5	30.7	54.2	59.7	80.7

주: 발생자수 예측은 VECM 모형(잠재기간 36년)을 적용한 결과임.

40세 이상 인구를 대상으로 함.

발생자수 증가율=69세 이하 매년 1% 증가, 70세 이상 매년 4% 증가

□ 한편, 악성중피종의 경우 발생자수에 대한 정보를 암등록 통계 자료에서 확인할 수 있음.

○ 석면피해 구제제도 초기인 2011년과 2012년을 제외하고, 암등록 자료에서의

환자 발생자수와 석면피해구제제도를 통한 인정자 및 산재 인정자와의 차이를 보면, 50%~80%가 추가로 인정을 받을 수 있는 여지가 남아 있다고 할 수 있음.

〈표 4-45〉 악성중피종 발생자수 현황

연 도	환자 발생 수 (암등록통계 자료)	석면피해 인정현황* (A)	산업재해보상 제도 인정현황(B)	인정자 소계 (A+B)	환자 발생자수와의 차이 (C)(명)	차이비중 (C/A,%)
1999	49	.	.			
2000	55	.	.			
2001	43	.	.			
2002	52	.	.			
2003	73	.	.			
2004	82	.	.			
2005	73	.	.			
2006	92	.	.			
2007	81	.	.			
2008	110	.	.			
2009	92	.	.			
2010	100	.	.			
2011	112	279	6	285	.	
2012	119	278	6	284	.	
2013	131	85	5	90	41	48.2
2014	136	69	19	88	48	69.6
2015	140	54	13	67	73	135.2
2016	140	70	13	83	57	81.4
2017	163	82	11	93	70	85.4
2018	157 ¹⁾	85	15	100	57	67.1
2019	151 ¹⁾	72	25**	97	54	75.0

주: *특별유족 포함. ** 2019년 10월 기준

1) 2018년, 2019년 악성중피종 통계는 건보공단으로부터 수집한 중증암환자 등록자료를 기준으로 작성하였으며, 기준 시점의 차이가 있음에 유의 (2018년 자료: 17년 12월~18년 11월)

□ 따라서 석면노출로 인한 피해자를 추가로 발견할 가능성이 있으며, 이에 매년 찾기 사업을 통해 인정자수를 증가시킬 것으로 전망됨.

○ 이에, 지금 발생자수보다 매년 5%~7% 증가시키는 것으로 가정할 수 있음.

〈표 4-46〉 미발견 악성중피종 발생자수

(단위: 십만 명당, 명)

연도	기본 모형	5% 증가	7% 증가
2020	53.7	56.4	57.5
2021	52.9	58.3	60.6
2022	55.8	64.6	68.4
2023	54.8	66.7	71.9
2024	52.8	67.4	74.1
2025	52.2	69.9	78.3
2026	55.6	78.2	89.3
2027	54.8	81.0	94.2
2028	60.0	93.1	110.4
2029	53.3	86.8	104.8
2030	59.7	102.1	125.6

주: 특별유족 제외함.

2) 원발성 폐암 발생자수 예측 및 시나리오

□ 원발성 폐암으로 인한 발생자수를 예측한 결과, 69세 이하의 연령층과 70세 이상 연령층에서는 십만 명당 발생률이 증가하는 것으로 나타남.

○ 통계청의 추계인구를 활용하여 2020년부터 2030년까지 인구 전망 수에 적용한 결과, 69세 이하 발생자수는 2025년에 47.4명, 2030년에 57.1명으로 증가하게 되는 것으로 전망됨.

□ 발생자수 예측모형과 본 연구의 기본 모형에서의 차이를 보정하기 위해서 발생자수 증가율을 매년 7% 증가할 것으로 가정하고 이에 대한 시나리오 분석을 수행함.

〈표 4-47〉 폐암 발생자수 예측 결과를 반영

(단위: 십만 명당, 명)

연도	발생자수 예측 모형					본 연구 기본모형	발생자수 증가율 반영
	69세 이하 발병률	70세 이상 발병률	69세 이하 발생자수	70세 이상 발생자수	소계		
2019			29.0	34.0	63.0		
2020	0.1430	0.5425	33.4	29.7	63.1	59.4	63.5
2021	0.1584	0.7096	37.6	40.0	77.6	58.2	66.7
2022	0.1627	0.6104	39.1	36.0	75.1	61.3	75.1
2023	0.1761	0.7698	42.8	47.4	90.2	60.0	78.7
2024	0.1820	0.6780	44.5	43.5	88.0	68.7	96.3
2025	0.1942	0.8303	47.4	56.4	103.8	67.5	101.3
2026	0.2012	0.7454	49.1	53.3	102.4	70.6	113.4
2027	0.2124	0.8910	51.7	67.1	118.8	69.4	119.2
2028	0.2201	0.8126	53.3	64.6	117.9	76.0	139.7
2029	0.2308	0.9518	55.6	79.8	135.4	67.2	132.1
2030	0.2390	0.8796	57.1	78.2	135.3	74.3	156.5

주: 발생자수 예측은 VECM 모형(잠재기간 36년)을 적용한 결과임.
 발생자수 증가율=매년 7% 증가

□ 한편, 원발성 폐암도 악성종괴종의 경우와 유사하게, 암등록 통계 자료를 통하여 발생자수에 대한 정보를 확인할 수 있음.

○ 암등록 자료에 의하면 폐암 발생자수가 지속적으로 증가하고 있는 경향을 확인할 수 있음.

〈표 4-48〉 원발성 폐암 발생자수 현황

연 도	환자 발생 수 (암등록통계 자료)	석면으로 인한 기여분 1%로 가정 ³⁷⁾	석면피해 인정현황* (A)	산업재해보상 제도 인정현황(B)
1999	13,194	131.9	.	.
2000	13,359	133.6	.	.
2001	14,141	141.4	.	.
2002	14,924	149.2	.	.
2003	15,216	152.2	.	.
2004	16,366	163.7	.	.
2005	17,250	172.5	.	.
2006	17,745	177.5	.	.
2007	18,477	184.8	.	.
2008	19,185	191.9	.	.
2009	20,097	201.0	.	.
2010	21,310	213.1	.	.
2011	22,261	222.6	22	10
2012	22,560	225.6	35	12
2013	23,567	235.7	50	11
2014	24,414	244.1	31	8
2015	24,609	246.1	78	4
2016	26,044	260.4	96	3
2017	26,985	269.9	105	16
2018	-		88	18
2019	-		118	30**

주: *특별유족 포함.

** 2019년 10월 기준

37) 윤형규 외. (2019). 의료기관 중심 석면폐암 감시체계 운영. 환경부·가톨릭대학교 산학협력단.

3) 석면폐증 1급 발생자수 예측 및 시나리오

- 석면노출로 인한 석면폐증 1급 발생자수를 예측하기 위해서 69세 이하와 70세 이상의 연령대로 구분하여 분석하였으며, 분석모형은 VECM을 적용함.
- 석면폐증 1급의 발생자수를 예측한 결과, 69세 이하의 연령층에서는 십만 명당 발생률이 점차 감소하는 것으로 나타났으나, 70세 이상 연령층에서도 십만 명당 발생률이 감소하는 것으로 나타남.
- 통계청의 추계인구를 활용하여 2020년부터 2030년까지 인구 전망 수에 적용한 결과, 69세 이하 발생자수는 2022년에 0명으로 감소하였다가 그 이후로는 거의 발생하지 않는 것으로 나타남.
- 70세 이상 발생자수에 대한 전망 결과를 보면, 2025년에 12.2명, 2030년에 10.4명으로 감소하게 되는 것으로 전망됨
- 석면폐증 1급에 대한 발생자수 예측모형의 결과를 반영하여, 본 연구에서는 69세 이하의 경우에는 발생자수 증가율이 매년 1% 감소하고, 70세 이상의 경우에는 발생자수 증가율이 매년 1% 감소할 것으로 가정하고 시나리오 분석을 수행함.

〈표 4-49〉 석면폐증 1급 발생자수 예측 결과를 반영

(단위: 십만 명당, 명)

연도	발생자수 예측 모형					본 연구 기본모형	발생자수 증감률 반영
	69세 이하 발병률	70세 이상 발병률	69세 이하 발생자수	70세 이상 발생자수	소계		
2019			2.0	14.0	16.0		
2020	0.0053	0.2209	1.2	12.1	13.3	20.6	20.4
2021	0.0032	0.2341	0.8	13.2	14.0	20.0	19.6
2022	-0.0005	0.2043	0.0	12.1	12.1	20.9	20.3
2023	-0.0030	0.2055	0.0	12.6	12.6	20.3	19.5
2024	-0.0064	0.1844	0.0	11.8	11.8	28.5	27.1
2025	-0.0092	0.1793	0.0	12.2	12.2	27.9	26.2
2026	-0.0124	0.1627	0.0	11.6	11.6	28.4	26.4
2027	-0.0153	0.1544	0.0	11.6	11.6	27.7	25.6
2028	-0.0184	0.1401	0.0	11.1	11.1	29.0	26.5
2029	-0.0214	0.1301	0.0	10.9	10.9	27.0	24.4
2030	-0.0244	0.1170	0.0	10.4	10.4	29.3	26.2

주: 발생자수 예측은 VECM 모형(잠재기간 36년)을 적용한 결과임.

발생자수 증가율=69세 이하 매년 1% 감소, 70세 이상 매년 1%감소

4) 석면폐증 2급 발생자수 예측 및 시나리오

□ 석면노출로 인한 석면폐증 2급 발생자수를 예측하기 위해서 69세 이하와 70세 이상의 연령대로 구분하여 분석하였음.

○ 석면폐증 2급의 발생자수를 예측한 결과, 69세 이하의 연령층에서는 십만 명당 발생률이 증가와 감소를 반복하는 것으로 나타났으나, 70세 이상 연령층에서는 십만 명당 발생률이 감소하는 것으로 나타남.

□ 통계청의 추계인구를 활용하여 2020년부터 2030년까지 인구 전망 수에 적용한 결과, 69세 이하 발생자수는 31명에서 33명 사이로 발생하는 것으로 나타남.

○ 70세 이상 발생자수에 대한 전망 결과를 보면, 2025년에 74.8명, 2030년에 97.0명으로 증가하게 되는 것으로 전망됨

□ 석면폐증 2급에 대한 발생자수 예측모형의 결과를 반영하여, 본 연구에서는 69세 이하의 경우에는 발생자수 증가율이 변화가 없는 것하고, 70세 이상의 경우에는 발생자수 증가율이 매년 1% 증가할 것으로 가정하고 시나리오 분석을 수행함.

〈표 4-50〉 석면폐증 2급 발생자수 예측 결과를 반영

(단위: 십만 명당, 명)

연도	발생자수 예측 모형					본 연구 기본모형	발생자수 증감률 반영
	69세 이하 발병률	70세 이상 발병률	69세 이하 발생자수	70세 이상 발생자수	소계		
2019			29.0	55.0	84.0		
2020	0.1369	1.1310	32.0	61.8	93.8	91.0	91.2
2021	0.1397	1.0982	33.2	61.9	95.1	88.7	89.0
2022	0.1357	1.1084	32.6	65.4	98.0	92.8	93.2
2023	0.1384	1.1023	33.6	67.8	101.4	90.1	90.7
2024	0.1345	1.1023	32.9	70.7	103.6	121.7	124.9
2025	0.1371	1.1000	33.5	74.8	108.2	119.1	122.8
2026	0.1334	1.0986	32.5	78.6	111.1	121.5	125.5
2027	0.1358	1.0968	33.0	82.6	115.6	118.7	123.1
2028	0.1322	1.0952	32.0	87.0	119.0	126.0	130.1
2029	0.1345	1.0935	32.4	91.7	124.0	114.5	119.7
2030	0.1310	1.0919	31.3	97.0	128.3	123.8	129.4

주: 발생자수 예측은 VECM 모형(잠재기간 36년)을 적용한 결과임. 발생자수 증가율=69세 이하의 경우 현 수준 유지, 70세 이상의 경우 1% 증가

5) 석면폐증 3급 발생자수 예측 및 시나리오

- 석면노출로 인한 석면폐증 3급 발생자수를 예측하기 위해서 69세 이하와 70세 이상의 연령대로 구분하여 분석하였으며, 분석모형은 VECM을 적용함.
- 석면폐증 3급의 발생자수를 예측한 결과, 69세 이하의 연령층에서는 십만 명당 발생률이 점차 증가하는 것으로 나타났으나, 70세 이상 연령층에서도 십만 명당 발생률이 증가하는 것으로 나타남.
- 통계청의 추계인구를 활용하여 2020년부터 2030년까지 전망 인구 수에 적용한 결과, 69세 이하 발생자수는 2025년에 163.4명으로 증가하였고 2030년에는 200.2명으로 증가함.
- 70세 이상 발생자수에 대한 전망 결과를 보면, 2025년에 409.8명, 2030년에 710.6명으로 증가하게 되는 것으로 전망됨.
- 석면폐증 3급에 대한 발생자수 예측모형의 결과를 반영하여, 본 연구에서는 발생자수 증가율이 매년 8% 증가할 것으로 가정하고 시나리오 분석을 수행함.

〈표 4-51〉 석면폐증 3급 발생자수 예측 결과를 반영

(단위: 십만 명당, 명)

연도	발생자수 예측 모형					본 연구 기본모형	발생자수 증감률 반영
	69세 이하 발병률	70세 이상 발병률	69세 이하 발생자수	70세 이상 발생자수	소계		
2018			88.0	164.0	252.0		
2019	0.4686	3.6681	107.8	192.0	299.9		
2020	0.5004	4.0599	116.9	221.9	338.8	247.2	266.9
2021	0.5354	4.4546	127.1	251.2	378.3	239.7	279.6
2022	0.5683	4.8477	136.6	286.0	422.6	248.3	312.8
2023	0.6026	5.2417	146.3	322.6	468.9	240.1	326.7
2024	0.6359	5.6352	155.4	361.5	516.8	359.3	527.9
2025	0.6698	6.0290	163.4	409.8	573.3	349.7	555.0
2026	0.7034	6.4226	171.6	459.4	630.9	348.7	597.5
2027	0.7372	6.8163	179.3	513.4	692.7	338.8	627.0
2028	0.7708	7.2100	186.6	572.8	759.4	350.4	700.4
2029	0.8046	7.6037	193.7	637.3	831.0	320.1	691.1
2030	0.8383	7.9974	200.2	710.6	910.8	335.4	781.9

주: 발생자수 예측은 VECM 모형(잠재기간 36년)을 적용한 결과임. 단, 2019년의 증가율이 급격해서 이를 제외하고 분석함.

발생자수 증가율= 매년 8% 증가

제5절 시나리오 분석 결과

가. 악성중피종

□ 석면노출로 인한 악성중피종 발생자수는 본 연구에서 구축한 기본 모형의 발생자수와 비교해 볼 때 69세 이하에서 매년 1% 증가, 70세 이상에서 매년 4% 증가를 반영한 시나리오 분석 결과는 다음과 같음.

○ 2030년을 기준으로 전망치를 살펴보면, 기본 모형에서는 약 45억 원 정도의 지출이 전망되었으나, 발생자수가 69세 이하에서 매년 1%, 70세 이상에서 매년 4% 증가할 경우에는 약 57억 원 정도로 지출될 것으로 예상됨.

- 또한, 물가상승률을 반영한 명목지출을 보면, 2030년에 기본 모형에서는 약 62억 원이 소요될 것으로 전망되지만, 발생자수가 매년 3~4% 증가할 경우에는 명목지출액이 약 79억 원이 될 것으로 전망됨.

〈표 4-52〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 악성중피종

(단위: 백만 원)

연도	기본 모형			발생자수 변화		
	(불변) 지출	(명목) 지출 3%적용	(명목) 지출 2%적용	69세 이하 발생자수 1% 증가 70세 이상 발생자수 4% 증가	(명목) 지출 3%적용	(명목) 지출 2%적용
2020	3,717	3,829	3,791	3,744	3,857	3,819
2021	3,871	4,106	4,027	3,944	4,184	4,104
2022	4,063	4,439	4,311	4,201	4,591	4,458
2023	4,197	4,724	4,543	4,409	4,962	4,772
2024	5,392	6,251	5,953	5,817	6,744	6,423
2025	4,626	5,523	5,209	5,115	6,108	5,761
2026	4,371	5,376	5,021	4,973	6,116	5,713
2027	4,289	5,434	5,026	5,020	6,359	5,881
2028	4,380	5,715	5,234	5,262	6,866	6,289
2029	4,355	5,853	5,309	5,377	7,227	6,555
2030	4,472	6,190	5,560	5,680	7,862	7,062

□ 한편, 암등록 통계를 기반으로 발생자수와 비교해 보면, 악성중피종에 대한 미신청 건 수가 있을 것으로 예상할 수 있으며, 미신청 건 수에 대해 지속적인 찾기 사업을 통해 매년 5%~7%를 추가로 발견할 수 있을 경우에 대한 시나리오 분석을 수행함.

- 분석 결과, 2030년을 기준으로 보면, 기본 모형에서는 45억 원 정도(표 4-52)가 지출될 것으로 전망되지만, 인정자(발생자) 수를 매년 5% 증가시킬 경우에 약 68억 원 정도가 소요될 것으로 전망됨.
- 또한, 인정자(발생자) 수를 매년 7% 증가시킬 경우에 약 81억 원 정도가 소요될 것으로 전망됨.

〈표 4-53〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 악성중피종

(단위: 명, 백만 원)

연도	발생자수 변화 (암등록통계에 따른 미신청자의 인정 신청)					
	발생자수 5% 증가	명목지출 3%	명목지출 2%	발생자수 7% 증가	명목지출 3%	명목지출 2%
2020	3,772	3,886	3,848	3,795	3,909	3,871
2021	4,024	4,269	4,186	4,087	4,335	4,252
2022	4,358	4,762	4,625	4,482	4,898	4,756
2023	4,660	5,245	5,044	4,860	5,470	5,261
2024	6,194	7,181	6,839	6,549	7,593	7,231
2025	5,547	6,624	6,247	5,968	7,126	6,721
2026	5,507	6,773	6,326	6,042	7,431	6,941
2027	5,674	7,187	6,647	6,345	8,038	7,434
2028	6,091	7,948	7,280	6,948	9,065	8,303
2029	6,334	8,512	7,721	7,352	9,880	8,962
2030	6,828	9,452	8,490	8,078	11,182	10,044

나. 석면 폐암

□ 본 연구에서 구축한 기본 모형의 발생자수와 석면노출로 인한 석면 폐암 발생자수 예측 모형을 비교해 볼 때 석면폐암은 매년 7% 증가할 것으로 예측되며, 이를 반영한 시나리오 분석 결과는 다음과 같음.

○ ※ 2013년~2018년 폐암의 연평균 증감률은 14.9%

□ 2030년을 기준으로 전망치를 살펴보면, 기본 모형에서는 약 64억 원 정도의 지출이 전망되었으나, 발생자수가 매년 7% 증가할 경우에는 약 109억 원 정도 지출될 것으로 예상됨.

□ 또한, 물가상승률을 반영한 명목지출을 보면, 2030년에 기본 모형에서는 약 89억 원이 소요될 것으로 전망되지만, 발생자수가 매년 7% 증가할 경우에는 명목지출액이 약 151억 원이 될 것으로 전망됨.

〈표 4-54〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 폐암

(단위: 명, 백만 원)

연도	기본 모형			발생자수 변화		
	base	명목지출 3%	명목지출 2%	발생자수 7% 증가	명목지출 3%	명목지출 2%
2020	4,433	4,566	4,522	4,505	4,640	4,595
2021	4,687	4,972	4,876	4,893	5,191	5,090
2022	4,952	5,411	5,255	5,362	5,859	5,690
2023	5,160	5,807	5,587	5,823	6,554	6,303
2024	5,932	6,876	6,561	7,036	8,156	7,768
2025	5,848	6,983	6,610	7,327	8,749	8,252
2026	5,896	7,251	6,814	7,844	9,648	9,011
2027	5,966	7,558	7,055	8,430	10,679	9,878
2028	6,179	8,062	7,476	9,314	12,152	11,131
2029	6,236	8,381	7,725	9,953	13,376	12,133
2030	6,427	8,896	8,151	10,920	15,116	13,578

다. 석면폐증 1급

□ 본 연구에서 구축한 기본 모형의 발생자수와 석면노출로 인한 석면폐증 1급 발생자수의 예측 모형을 비교해 볼 때 석면폐증 1급은 69세 이하의 경우 발생자수가 매년 1% 감소할 것으로 예상되며, 70세 이상의 경우 발생자수가 2% 증가할 것으로 예상되어, 연령대별로 증감의 비율을 달리하여 시나리오 분석을 수행함.

□ 2030년을 기준으로 전망치를 살펴보면, 기본 모형에서는 약 24억 원 정도의 지출이 전망되었으나, 발생자수가 연령대별로 증감을 달리할 경우에는 약 23억 원 정도 지출될 것으로 예상됨.

□ 또한, 물가상승률을 반영한 명목지출을 보면, 2030년에 기본 모형에서는 약 33억 원이 소요될 것으로 전망되지만, 발생자수의 증감에 따라 명목지출액이 약 32억 원이 될 것으로 전망됨.

〈표 4-55〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 석면폐증 1급

(단위: 명, 백만 원)

연도	기본 모형			발생자수 변화		
	base	명목지출 3%	명목지출 2%	69세 이하 발생자수 1% 감소 70세 이상 발생자수 2% 증가	명목지출 3%	명목지출 2%
2020	1,616	1,664	1,648	1,614	1,662	1,646
2021	1,674	1,776	1,742	1,668	1,769	1,735
2022	1,735	1,896	1,842	1,722	1,882	1,828
2023	1,784	2,008	1,932	1,764	1,985	1,910
2024	2,067	2,396	2,284	2,031	2,355	2,246
2025	2,128	2,541	2,401	2,079	2,482	2,346
2026	2,191	2,694	2,526	2,126	2,615	2,452
2027	2,244	2,843	2,645	2,164	2,741	2,551
2028	2,309	3,012	2,784	2,211	2,884	2,667
2029	2,349	3,157	2,901	2,234	3,003	2,761
2030	2,414	3,342	3,055	2,279	3,155	2,887

라. 석면폐증 2급

□ 본 연구에서 구축한 기본 모형의 발생자수와 석면노출로 인한 석면폐증 2급 발생자수의 예측 모형을 비교해 볼 때 석면폐증 2급은 69세 이하의 경우 발생자수를 유지할 것으로 예상되며, 70세 이상의 경우 발생자수가 1% 증가할 것으로 예상되어, 연령대별로 증감의 비율을 달리하여 시나리오 분석을 수행함.

○ ※ 2013년~2018년 석면폐증 2급의 연평균 증감률은 7.8% 임.

□ 2030년을 기준으로 전망치를 살펴보면, 기본 모형에서는 약 21억 원 정도의 지출이 전망되었고, 발생자수가 연령대별로 증감을 달리할 경우에는 약 22억 원 정도 지출될 것으로 예상됨.

□ 또한, 물가상승률을 반영한 명목지출을 보면, 2030년에 기본 모형에서는 약 29억 원이 소요될 것으로 전망되고, 발생자수의 증감에 따라 명목지출액이 약 30억 원이 될 것으로 전망됨.

〈표 4-56〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 석면폐증 2급

(단위: 명, 백만 원)

연도	기본 모형			발생자수 변화		
	base	명목지출 3%	명목지출 2%	69세 이하 발생자수 유지 70세 이상 발생자수 1% 증가	명목지출 3%	명목지출 2%
2020	1,690	1,741	1,724	1,691	1,742	1,725
2021	1,704	1,808	1,773	1,708	1,812	1,777
2022	1,771	1,935	1,879	1,778	1,942	1,887
2023	1,845	2,077	1,999	1,856	2,089	2,010
2024	1,789	2,073	1,978	1,808	2,097	2,000
2025	1,821	2,175	2,058	1,851	2,210	2,091
2026	1,875	2,306	2,166	1,915	2,355	2,212
2027	1,927	2,441	2,278	1,978	2,505	2,337
2028	2,010	2,623	2,432	2,072	2,703	2,506
2029	2,191	2,945	2,717	2,270	3,050	2,812
2030	2,108	2,918	2,679	2,192	3,034	2,783

마. 석면폐증 3급

□ 본 연구에서 구축한 기본 모형의 발생자수와 석면노출로 인한 석면폐증 3급 발생자수의 예측 모형을 비교해 볼 때 석면폐증 3급은 발생자수가 8% 증가할 것으로 예상되어, 이에 대한 시나리오 분석을 수행함.

□ 2030년을 기준으로 전망치를 살펴보면, 기본 모형에서는 약 32억 원 정도의 지출이 전망되었고, 발생자수가 매년 8% 증가할 경우에는 약 53억 원 정도 지출될

것으로 예상됨.

- 또한, 물가상승률을 반영한 명목지출을 보면, 2030년에 기본 모형에서는 약 44억 원이 소요될 것으로 전망되고, 발생자수의 증감에 따라 명목지출액이 약 74억 원이 될 것으로 전망됨.

〈표 4-57〉 발생자수 변화에 따른 급여지출 추계 결과: 석면폐증 3급

(단위: 명, 백만 원)

연도	기본 모형			발생자수 변화		
	base	명목지출 3%	명목지출 2%	발생자수 8% 증가	명목지출 3%	명목지출 2%
2020	2,016	2,076	2,056	2,041	2,102	2,085
2021	2,041	2,166	2,124	2,114	2,243	2,210
2022	2,139	2,337	2,270	2,285	2,497	2,448
2023	2,244	2,526	2,430	2,484	2,796	2,729
2024	2,892	3,353	3,193	3,382	3,921	3,821
2025	2,964	3,539	3,338	3,669	4,381	4,264
2026	3,033	3,730	3,484	3,979	4,894	4,756
2027	3,088	3,912	3,618	4,294	5,439	5,278
2028	3,162	4,126	3,779	4,671	6,095	5,909
2029	3,409	4,582	4,156	5,329	7,161	6,931
2030	3,181	4,403	3,955	5,310	7,351	7,112

바. 석면피해구제제도 개선을 위한 제도 변화에 따른 시나리오 분석

□ 유효기간 갱신기준 완화

- 현재 악성중피종 및 폐암은 치료내역이 없으면 유효기간 갱신 불인정
- (시나리오) 악성중피종 및 폐암의 경우 모든 대상자를 조건없이 갱신하는 경우

- 유효기간 5년을 단위로 갱신 신청에 대해 인정하게 되지만, 이러한 절차 없이 악성중피종 및 폐암으로 인정받은 경우에는 5년이 경과하더라도 지속적으로 인정 대상이 되는 시나리오를 구성함.

○ 즉, 현재에는 갱신 신청에서 완치 판정에 따라 인정자격이 없어지지만, 지속적으로 인정을 받을 경우에 대한 급여소요액을 분석함.

□ 유효기간 갱신기준을 없앨 경우의 시나리오 분석 결과, 2025년에 악성종피종 인정자는 9명 증가하며, 폐암 인정자는 54명 증가할 것으로 전망됨.

〈표 4-58〉 유효기간 갱신기준 완화에 따른 시나리오 분석

(단위: 명, 백만 원)

연도	기본 모형*		제도변화에 따른 모형			
			인원수		인원수 차이	
	악성종피종	폐암	악성종피종	폐암	악성종피종	폐암
2019	173.0	242.0	173.0	242.0		
2020	226.0	286.7	228.5	296.9	2.5	10.2
2021	236.7	303.4	241.2	322.1	4.5	18.7
2022	249.3	321.1	255.8	346.8	6.5	25.7
2023	258.3	335.0	266.6	366.7	8.3	31.7
2024	286.1	369.8	295.5	415.7	9.4	45.9
2025	256.2	366.5	265.1	420.6	8.9	54.1
2026	249.0	371.4	257.9	430.8	8.9	59.4
2027	248.1	377.3	257.3	440.3	9.2	63.0
2028	256.2	392.1	266.0	457.8	9.8	65.7
2029	255.8	396.7	266.0	464.5	10.2	67.8
2030	263.8	410.0	274.5	479.7	10.7	69.7

주: 발생자수 전망치를 반영한 결과

제6절 특별유족 인정 및 급여 전망

가. 특별유족 인정 현황

- 석면에 노출되어 석면 질병이 발병하였으나, 석면피해인정을 신청하지 못하고 사망한 경우에 특별유족조위금 및 특별 장의비를 지급하고 있음.
- 특별유족 인정 현황을 보면, 구제제도 도입 초기인 2011년에 210명, 2012년에 226명이었으나, 2013년부터는 59명, 2016년 54명, 2018년 47명, 2019년 80명의 추이를 보이고 있음.
- 특별유족으로 인정 받는 질환으로 악성중피종이 전체의 70.5%를 차지하여 가장 높은 비중을 보임.
 - 폐암은 24.7%로 악성중피종이 차지하는 비중을 합할 경우에 전체의 95.1%로 거의 대부분을 차지하고 있음.
 - 석면폐증 1급 1.9%, 석면폐증 2급 1.3% 등의 비중을 차지하는 것으로 나타남.

〈표 4-59〉 특별유족 인정 현황

(단위: 명)

연도	사망시 연령	악성종피종	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계
2011	소계	197	10	3	0	0	210
2012	소계	206	20	0	0	0	226
2013	59세 이하	9	1				10
	60-69세	12	4				16
	70-79세	16	9	2			27
	80세 이상	4	2				6
	소계	41	16	2	0	0	59
2014	59세 이하	9	1				10
	60-69세	9	3	2			14
	70-79세	8	3		1	1	13
	80세 이상	1	3		2		6
	소계	27	10	2	3	1	43
2015	59세 이하	1	4				5
	60-69세	5	6	1			12
	70-79세	6	13				19
	80세 이상	1	7		1		9
	소계	13	30	1	1	0	45
2016	59세 이하	7	3				10
	60-69세	6	6	1		1	14
	70-79세	11	7	2	1	3	24
	80세 이상	1	5				6
	소계	25	21	3	1	4	54
2017	59세 이하	3	4				7
	60-69세	5	12	1		1	19
	70-79세	7	7	3	1		18
	80세 이상	5	8		1	1	15
	소계	20	31	4	2	2	59
2018	59세 이하	4	1				5
	60-69세	9	6	1			16
	70-79세	9	8				17
	80세 이상	4	5				9
	소계	26	20	1	0	0	47
2019	59세 이하	6	1				7
	60-69세	6	15				21

□ 특별유족조위금 및 특별장의비 급여 지출 현황을 보면, 2019년에 건당 평균 2천 5백만 원이며, 전체 지출액은 약 42억 원인 것으로 나타남.

〈표 4-60〉 특별유족조위금 및 특별장의비 급여지출 현황: 지급 건당

(단위: 백만 원, 명)

지급 연도	악성종피종			폐암		
	건당 평균	건수	계	건당 평균	건수	계
2011	9.881	77	760.822	9.881	7	69.166
2012	10.190	391	3,984.390	10.170	28	284.755
2013	10.232	434	4,440.846	10.250	45	461.233
2014	10.379	388	4,027.061	10.267	47	482.553
2015	10.969	91	998.177	11.025	48	529.178
2016	11.483	70	803.784	11.640	61	710.056
2017	11.835	56	662.752	11.742	73	857.166
2018	12.086	58	700.976	12.132	72	873.475
2019	27.215	67	1,823.398	27.004	80	2,160.323
지급 연도	석면폐증 1급			석면폐증 2급		
	건당 평균	건수	계	건당 평균	건수	계
2011	5.249	3	15.748			
2012	5.249	3	15.748			
2013	5.405	5	27.026			
2014	5.742	3	17.226	4.198	3	12.594
2015	5.879	5	29.394	4.222	4	16.889
2016	6.154	5	30.771	4.222	4	16.889
2017	6.283	6	37.700	4.461	3	13.383
2018	6.448	8	51.581	4.562	3	13.685
2019	10.829	6	64.974	8.918	6	53.507
지급 연도	석면폐증 3급			전체		
	건당 평균	건수	계	건당 평균	건수	계
2011				9.721	87	845.735
2012				10.154	422	4,284.892
2013				10.184	484	4,929.105
2014	2.449	1	2.449	10.276	442	4,541.882
2015	2.449	1	2.449	10.578	149	1,576.086

□ 2019년을 기준으로 일인당 지급되는 특별유족조위금 및 특별장의비를 보면, 악성종양피종의 경우에는 일인당 3천만원이 지급되었으며, 폐암은 일인당 2천 7백만원, 석면폐증 1급은 2천만원(2018년기준), 석면폐증 2급은 약 9백만원, 석면폐증 3급은 약 8백만원으로 나타남.

〈표 4-61〉 특별유족조위금 및 특별장의비 급여지출 현황: 일인당

(단위: 백만 원, 명)

인정 연도	악성종피종			폐암		
	일인당 평균	인원수	계	일인당 평균	인원수	계
2011	30.347	197	5,978.278	29.989	10	299.892
2012	30.705	206	6,325.199	30.390	20	607.797
2013	32.227	41	1,321.316	31.208	16	499.326
2014	33.727	27	910.633	33.739	10	337.386
2015	34.463	13	448.014	33.625	30	1,008.751
2016	35.835	25	895.863	35.765	21	751.066
2017	36.501	20	730.025	36.503	31	1,131.602
2018	35.273	26	917.104	37.044	20	740.880
2019	30.123	25	753.067	26.795	45	1,205.790
인정 연도	석면폐증 1급			석면폐증 2급		
	일인당 평균	인원수	계	일인당 평균	인원수	계
2011	15.748	3	47.243			
2012						
2013	16.918	2	33.836			
2014	18.047	2	36.093	12.594	3	37.782
2015	18.252	1	18.252	12.884	1	12.884
2016	19.094	3	57.282	13.633	1	13.633
2017	19.481	4	77.924	13.712	2	27.423
2018	19.537	1	19.537			
2019				8.806	4	35.224
인정 연도	석면폐증 3급			전체		
	일인당 평균	인원수	계	일인당 평균	인원수	계
2011				30.121	210	6,325.412
2012				30.677	226	6,932.996
2013				31.432	59	1,854.478
2014	7.347	1	7.347	30.913	43	1,329.242
2015	6.455	4	25.820	33.064	45	1,487.901
2016				32.290	54	1,743.664
2017	7.952	2	15.905	33.608	59	1,982.878
2018				35.692	47	1,677.520
2019	8.213	6	49.275	25.542	80	2,043.356

나. 특별유족 인정 및 급여비 전망 모형

□ 시계열적 분석 방법론에서 널리 사용되고 있는 ARIMA모형을 적용함.

□ ARIMA모형

○ 시계열 분석 방법에는 단변량 예측기법과 다변량 예측기법이 있으며, 단변량 예측의 대표적인 방법으로는 ARIMA모형을 들 수 있음.

○ ARIMA는 Box & Jenkins 모형이라고도 하는데, ARIMA 모형은 AR(Autoregressive) 부분과 MA(Moving Average) 부분으로 구성되어 있으며, 변수 값의 차이를 따로 모형화할 수 있는 Integrated 부분이 있음.

□ AR(p)모형은 시차가 p를 가지게 되며 다음과 같은 함수식을 가지게 됨.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + u_t$$

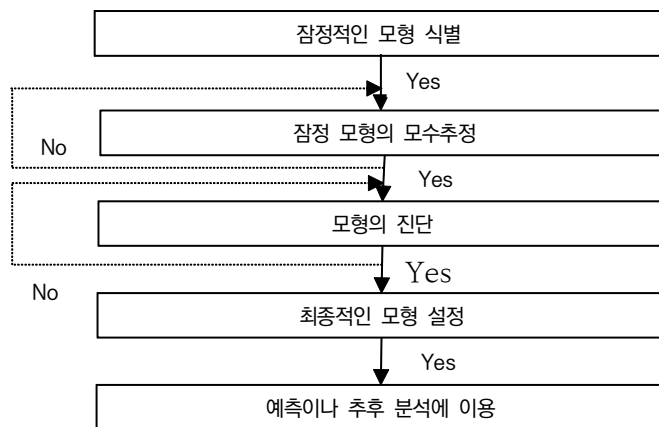
○ 이 때, u_t 는 백색잡음(white noise)이어야 하는데, 다시 말해서 잔차항 평균과 분산이 시차와 관계없이 0과 σ^2 로 일정해야 하고 공분산이 0이어서 잔차항 간 자기상관성이 없어야 함.

○ 시계열자료의 특성에 적합한 단일방정식 모형의 수립시 최우선적인 고려 요인 중 하나가 모형의 잔차항이 백색교란인지의 여부이므로, AR(p)모형에서는 시차 p의 결정시에도 잔차항이 백색교란이 되도록 하면서 데이터의 특성을 잘 반영할 수 있도록 결정해야 함.

□ 시계열 MA 과정에서 잔차항 역시 일정한 시차 q인 자기회귀모형으로 모형화할 수 있음. 잔차항이 아래와 같은 식으로 표시되면 잔차항은 MA(q)과정을 따르게 되고, 일정한 시계열 Y_t 가 AR(p)과정을 따르면서 잔차가 MA(q)과정을 따를 때 시계열 자료는 ARMA(p, q) 모형으로 표현됨.

- ARMA모형이 백색잡음(white noise)을 따를 경우, 이는 원자료가 d번의 차분을 거친 결과라 한다면, 이 모형을 ARIMA(p, d, q)라 함.
- ARIMA모형은 여러 가지 방법으로 추정될 수 있지만 Box-Jenkins 추정방법을 이용하는 것이 대부분임.

[그림 4-5] Box-Jenkins 모형

자료: 이종협·최기혁(1994)³⁸⁾

- Box-Jenkins 추정방법을 위한 첫 번째 단계는 모델선정 단계임. 시계열 자체의 현재 및 과거 값인 자기상관 및 부분상관을 그래프로 작성, 검토하여 잠정적인 모형 형태와 시차를 결정함. 모형식별이란 ARIMA(p,d,q)과정을 따른 시계열 Z_t 에 대한 차수 p, d, q를 결정하는 것을 의미함. 우선 Z_t 의 정상성 여부를 검토한 결과, 비정상시계열이라면 분산안정화를 위한 변수변환 또는 차분법을 이용하여 정상시계열을 얻은 다음, 자기회귀차수 p와 이동평균 차수 q를 결정함. p와 q를 결정하기 위해서는 변환된 정상시계열에 대한 ARIMA 모형의 이론적인 자기상관함수(ACF), 역자기상관함수(IACF), 부분자기상관함수(PACF)의 형태를 참고하여, 변환된 시계열자료로부터 추정된 표본자기상관함수, 표본역자기상관함수, 표

38) 이종협·최기혁. (1994). SAS/ETS를 이용한 시계열 분석과 그 응용. 자유아카데미.

본부분자기상관함수의 패턴을 비교 검토하여 p , q 를 결정함(이종협·최기혁, 1994).

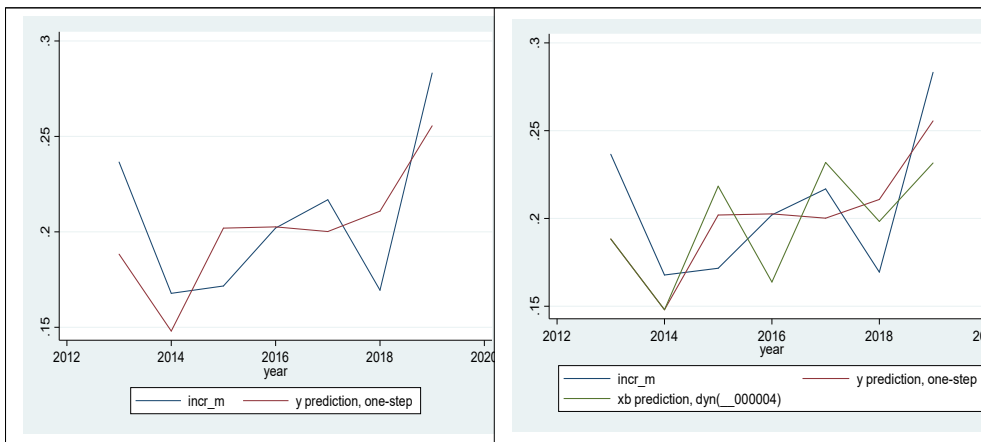
- 두 번째 단계로는 1단계에서 식별된 모형을 추정하는 것이다. 일반적으로 활용되는 추정방법에는 조건부 최소제곱추정(CLS: Conditional Least Squares Estimation), 비조건부 최소제곱추정(ULS: Unconditional Least Squared Estimation), 최우추정(MLE: Maxmum Likelihood Estimation)이 있음. 이러한 추정과정에서 추정계수의 유의성, AIC로 모델 선정 기준 등을 검토함.
- 끝으로 ARIMA모형 추정의 마지막 단계는 진단검토(diagnostic checking)단계로서 잔차항의 백색잡음 여부, 모델의 적합도 등을 검토하여 최종 적합모형을 선정함.
- 이러한 절차에 의하여 시계열에 적합한 모형이 설정되면, 설정된 모형을 이용하여 미래의 특정시점의 시계열 값에 대해 최소평균제곱오차(MMSE)법으로 예측하게 됨. 이 때, 시계열의 예측은 시계열의 모형을 정확히 알고 있고, 이 모형에 포함된 모수들의 추정오차는 시계열 예측에 크게 영향을 미치지 않는다는 가정 하에서 이루어짐.
- 본 연구에서는 제도 도입 초기인 2011년 및 2012년의 특별유족 인정자는 제외하고 분석함.
- 모형의 확립과정은 아래의 그림에서와 같이 Box-Jenkins에 의해 제시된 방법예 따라 모형의 식별, 모수 추정, 모형의 적합성 진단을 실시함.

다. 특별유족 인정 및 급여비 전망

□ 아래의 그림은 ARIMA(1.0.0)을 적용한 추정 결과를 제시하고 있음.

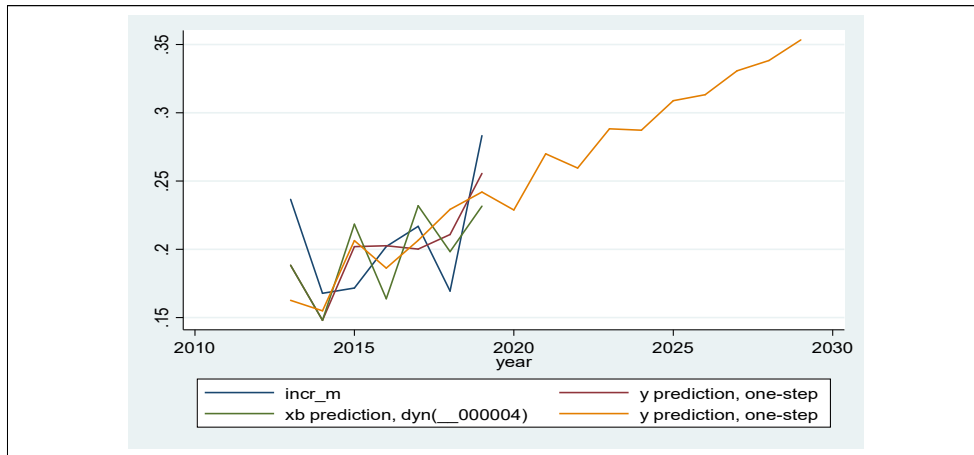
○ 오른쪽의 그림은 추정 결과를 도출하기 위해서 dynamic 프로세스를 반영한 결과임.

[그림 4-6] 모형 추정 결과: 특별유족 인정



□ 특별 유족에 대한 인정 결과를 2030년까지 전망한 결과, 전체적으로 증가하는 추이를 보임.

[그림 4-7] 전망 결과: 특별유족 인정



□ 따라서 이러한 결과를 반영하여 특별 유족 인정자수에 대한 급여비를 전망한 결과, 2025년에는 24억 6천만 원이 소요될 것으로 전망됨.

〈표 4-62〉 특별유족 조위금 및 특별장의비 전망 결과

(단위: 십만 명당, 명, 백만 원)

연도	2019년 유지		기본모형		인정자 전망				
	발생자수	급여	발생률 (1)	발생률 (2)	발생자수		비용		
					발생자수 (1)	발생자수 (2)	모형(1)	명목지출 3%	명목지출 2%
2019	80								
2020	80	2,588	0.2288	0.2417	65.9	69.7	1,684	1,735	1,718
2021	80	2,666	0.2700	0.2601	79.3	76.4	2,026	2,149	2,108
2022	80	2,746	0.2595	0.2670	77.7	79.9	1,985	2,169	2,106
2023	80	2,828	0.2883	0.2826	87.7	86.0	2,241	2,522	2,426
2024	80	2,913	0.2872	0.2915	88.6	89.9	2,263	2,624	2,499
2025	...	3,001	0.3088	0.3056	96.4	95.3	2,461	2,939	2,772
2026		3,091	0.3133	0.3157	98.8	99.6	2,524	3,104	2,899
2027		3,183	0.3307	0.3288	105.4	104.8	2,691	3,409	3,153
2028		3,279	0.3383	0.3397	108.8	109.2	2,778	3,625	3,320

주: (1) arima(1,0,0) 적용, (2) arima dynamic forecasting
명목지출은 물가상승률 3% 적용(모형1)

제7절 석면피해 구제급여 지출 종합

가. 기본 모형의 개요

- 석면피해 구제급여 소요액을 전망하기 위한 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 개발함.
- 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형은 마르코프 상태(markov state), 발병률, 유병률, 전이확률, 사망확률 등을 활용하여, 각각의 단계(states)로 정의된 마르코프 상태A에서 마르코프 상태B로 전이하는 확률의 연속체라 할 수 있음.
- 마르코프 시뮬레이션 모형은 인구구조의 변화 과정을 분석하는 인구모듈과 시간 및 연령의 변화에 따라 위험요인의 유병률 및 발생률, 사망률 변화의 과정을 분석하는 질병모듈로 구성됨.
- 마르코프 주기는 1년 단위로 설정함.
- 마르코프 상태는 석면피해 질병인 악성중피종, 원발성폐암, 석면폐증 1급, 석면폐증 2급, 석면폐증 3급으로 구분함.
- 코호트의 구성은 악성중피종, 원발성폐암, 석면폐증(1급~3급)의 5유형의 질병으로 구성된 코호트 상태(markov state)에 따라, 각 질병별로 40대, 50대, 60대, 70대, 80대로 구분하여 코호트를 구성함.
 - 100세 이후의 연령대에 이르게 되면 모두 사망하는 것으로 가정함.
- 마르코프 상태는 신규 인정자수와 전이 과정을 거쳐 다음과 같은 산식을 통하여 인정자수가 누적되며, 구제급여를 지급받게 됨.

$$P(t + \Delta t) = P(t) + \Delta t \times (BR - ER - DR)$$

여기서 $P(0)$ = 2019년 기준

$$EnRN(\text{진입자 수}) = P * EnR(\text{진입률})$$

$$ExRN(\text{상실자 수}) = P * ExR(\text{상실률})$$

$$DR(\text{사망자 수}) = P * DR(\text{사망률})$$

Population= INTEG (진입-상실-사망, INI POPULATION)

여기서 INTEG = integral

INI POPULATION=최초 시점(기준 연도)에서의 인정자수

나. 모형에 적용된 기본 가정, 투입 변수 및 자료원

- 본 연구에서 주로 석면피해구제관리시스템 DB를 활용하여 모형에 필요한 투입 변수를 산출하여 분석함.
- 모형에 투입되는 주요 변수로는 질병별·연령별 인정자수 및 사망자 수 그리고 인정 질환의 변화 및 갱신 여부 등에 대한 변수가 적용됨.
- 석면피해 발생자수 전망
 - 특정 변수의 증장기 규모를 예측하기 위해, 시계열 변수 간 동태적 관계를 분석할 수 있는 벡터오차수정모형을 활용함.
 - 질환별 잠재기간 분석은 포아송 회귀(Poisson Regression) 분석을 사용함.
- 인정자의 전이 확률
 - 2017년부터 2019년의 데이터를 pooling하여 인정 등급별 전이확률 및 갱신 여부에 대해 연령대별로 도출
- 인정자의 사망 확률
 - 석면피해자의 악성중피종 및 폐암에 대한 사망확률을 분석하기 위해 2017년부터 2019년의 자료를 pooling하여 로짓 회귀분석을 적용
- 급여지출비용과 관련해서는 기본모형에서 우선 물가상승률을 반영하지 않은 불변가격으로 제시하였음.
 - 또한, 물가상승률 3%를 적용하여 명목가격을 제시하였음.
 - 시나리오 구성에서는 물가상승률 2%를 추가로 구성하여 제시하였음.
- 특별유족 인정 및 급여비 전망을 위해서 ARIMA 모형을 적용함.

다. 구제급여 지출액의 분석 결과 요약

□ 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 따른 질병별 유병인구 수 전망

- 현재 수준의 석면피해 발생자수(최근 3년간의 평균 발생률) 및 사망자 수 등이 향후에도 유지된다는 가정에 따라 마르코프 코호트 시뮬레이션을 위한 기본 모형을 개발하였고, 질병별·연령별 코호트를 전망한 결과는 다음과 같음.
 - 악성중피종의 경우 누적 인정자수는 2021년에 236.7명이었으며, 2030년에는 263.8명으로 증가하는 것으로 나타남.
 - 전체 누적 인정자수는 2021년에 2,710.0명에서 2030년에 3,805.0명으로 지속적으로 증가하는 것으로 나타남.

〈표 4-63〉 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 따른 질병별 유병 인구(누적 인정자) 수 전망

연도	질병별 유병 인구 수					계
	악성중피종	원발성폐암	석면폐증1급	석면폐증2급	석면폐증3급	
2020	226.0	286.7	154.5	652.6	1,338.3	2,658.0
2021	236.7	303.4	160.3	643.6	1,366.0	2,710.0
2022	249.3	321.1	166.2	660.4	1,436.8	2,833.9
2023	258.3	335.0	171.1	683.1	1,510.7	2,958.3
2024	286.1	369.8	193.8	795.4	1,815.8	3,461.0
2025	256.2	366.5	199.9	792.0	1,873.0	3,487.6
2026	249.0	371.4	206.1	797.2	1,929.1	3,552.9
2027	248.1	377.3	211.5	803.9	1,975.1	3,615.8
2028	256.2	392.1	218.1	821.6	2,034.5	3,722.6
2029	255.8	396.7	222.1	885.4	2,202.2	3,962.2
2030	263.8	410.0	228.6	833.9	2,068.6	3,805.0

□ 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 따른 신규 발생자수 전망

- 마르코프 코호트 시뮬레이션에 따른 신규 발생자수는 악성중피종의 경우 2021년 52.9명에서 2030년에 59.7명으로 증가하게 되며, 전체 신규 발생자수는 2021년 459.5명에서 2030년에 622.5명으로 증가할 것으로 전망됨.

〈표 4-64〉 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 따른 질병별 신규 발생자수 전망

연도	질병별 신규 발생자수					계
	악성종피종	원발성폐암	석면폐증1급	석면폐증2급	석면폐증3급	
2020	53.7	59.4	20.6	91.0	247.2	471.8
2021	52.9	58.2	20.0	88.7	239.7	459.5
2022	55.8	61.3	20.9	92.8	248.3	479.2
2023	54.8	60.0	20.3	90.1	240.1	465.4
2024	52.8	68.7	28.5	121.7	359.3	631.0
2025	52.2	67.5	27.9	119.1	349.7	616.4
2026	55.6	70.6	28.4	121.5	348.7	624.7
2027	54.8	69.4	27.7	118.7	338.8	609.4
2028	60.0	76.0	29.0	126.0	350.4	641.4
2029	53.3	67.2	27.0	114.5	320.1	582.0
2030	59.7	74.3	29.3	123.8	335.4	622.5

주: 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)의 신규 발생자수는 최근 3년(2017~2019년)간의 평균 발생률을 적용

□ 기본 모형에서의 고려사항

- 기본 모형에서는 신규 발생자수가 최근 3년간 평균 발생률을 가정하여 시뮬레이션 한 결과이므로, 시계열적으로 발생자수가 향후 증가할 것인지 또는 감소할 것인지에 대한 전망이 포함되어 있지 않음.
- 이러한 제한점을 해결하기 위해서 본 연구에서는 벡터오차수정모형을 적용하여 질병별로 신규 발생자수를 전망하였고, 증가율 또는 감소율을 질환별·연령별로 기본 모형에 다시 적용하여 제한점을 완화하였음.

〈표 4-65〉 벡터오차수정모형을 통한 신규 발생자수의 증감률

연령대	질병별 신규 발생자수의 증감률				
	악성종피종	원발성폐암	석면폐증1급	석면폐증2급	석면폐증3급
40~69세 이하	1%	7%	-1%	0%	8%
70세 이상	4%	7%	2%	1%	8%

□ 벡터오차수정모형을 통한 신규 발생자수 전망을 적용한 유병인구 수의 전망 결과를 보면 다음의 표와 같음.

- 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형에 신규 발생자수의 증감률을 반영하여 누적 인정자수의 규모를 보면, 악성종피종의 경우 2021년에 240.8명이었으나 2030년에는 329.4명으로 증가하게 됨.
- 질병별 신규 발생자수는 악성종피종의 경우 2021년에 55.2명에서 2030년에 80.7명으로 증가하고, 원발성 폐암의 경우 2021년에 66.7명에서 2030년에 156.5명으로 증가하는 것으로 나타남.

〈표 4-66〉 석면피해 발생자수 전망을 반영한 질병별 유병 인구(누적 인정자) 수 전망

연도	질병별 유병 인구 수					계
	악성종피종	원발성폐암	석면폐증1급	석면폐증2급	석면폐증3급	
2020	227.5	291.3	154.3	653.1	1357.4	2,683.6
2021	240.8	316.8	159.6	645.0	1421.6	2,783.9
2022	257.1	347.8	165.1	663.3	1549.5	2,982.7
2023	270.2	378.2	169.3	688.0	1696.5	3,202.2
2024	306.7	439.2	190.8	806.3	2175.3	3,918.2
2025	281.3	459.9	195.7	808.5	2396.2	4,141.6
2026	280.6	494.9	200.9	820.2	2638.9	4,435.6
2027	287.0	533.9	205.4	834.0	2887.7	4,747.9
2028	303.7	591.9	211.0	859.9	3188.4	5,154.9
2029	311.0	633.9	214.5	935.9	3680.7	5,776.0
2030	329.4	697.5	220.3	890.5	3728.2	5,866.0

〈표 4-67〉 석면피해 발생자수 전망을 반영한 질병별 신규 발생자수 전망

연도	질병별 신규 발생자수					계
	악성종피종	원발성폐암	석면폐증1급	석면폐증2급	석면폐증3급	
2020	54.9	63.5	20.4	91.2	266.9	496.9
2021	55.2	66.7	19.6	89.0	279.6	510.1
2022	59.6	75.1	20.3	93.2	312.8	561.0
2023	59.8	78.7	19.5	90.7	326.7	575.4
2024	60.8	96.3	27.1	124.9	527.9	837.0
2025	61.8	101.3	26.2	122.8	555.0	867.1
2026	67.3	113.4	26.4	125.5	597.5	930.1
2027	68.2	119.2	25.6	123.1	627.0	963.1
2028	76.0	139.7	26.5	130.1	700.4	1072.7
2029	70.4	132.1	24.4	119.7	691.1	1037.7
2030	80.7	156.5	26.2	129.4	781.9	1174.7

주: 벡터오차수정모형으로 신규 발생자수를 전망하고, 이의 증감률을 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 반영한 결과임.

□ 기본 모형을 적용한 경우의 구제급여액을 전망하면, 2030년에 257억 원(명목)이 되며 특별유족에게 지급되는 급여액은 42억 원(명목)이 될 것으로 전망됨.

〈표 4-68〉 구제급여 전망: 기본 모형 적용

(단위: 백만 원)

연도	기본모형(A)		특별유족(B)		계(A+B)	
	불변	명목	불변	명목	불변	명목
2020	13,472	13,876	1,684	1,735	15,156	15,611
2021	13,977	14,828	2,026	2,149	16,003	16,977
2022	14,659	16,018	1,985	2,169	16,644	18,187
2023	15,230	17,142	2,241	2,522	17,471	19,664
2024	18,071	20,949	2,263	2,624	20,334	23,573
2025	17,387	20,761	2,461	2,939	19,848	23,700
2026	17,366	21,357	2,524	3,104	19,890	24,461
2027	17,515	22,187	2,691	3,409	20,206	25,596

주: 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 적용한 결과임.

명목 급여액은 물가상승률 3% 적용함.

□ 발생자수 전망에 따른 구제급여액을 전망하면, 2021년에 174억 원, 2025년에 270억 원, 2030년에 414억 원이 소요될 것으로 전망됨.

〈표 4-69〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망: 신규 발생자수 전망 결과를 반영

(단위: 백만 원)

연도	기본모형		발생자 증감 전망(C)		특별유족 전망(D)		계(C+D)	
	불변	명목	불변	명목	불변	명목	불변	명목
2020	13,472	13,876	13,599	14,007	1,684	1,735	15,283	15,742
2021	13,977	14,828	14,337	15,210	2,026	2,149	16,363	17,359
2022	14,659	16,018	15,370	16,796	1,985	2,169	17,355	18,965
2023	15,230	17,142	16,376	18,431	2,241	2,522	18,617	20,953
2024	18,071	20,949	20,160	23,371	2,263	2,624	22,423	25,995
2025	17,387	20,761	20,170	24,084	2,461	2,939	22,631	27,023
2026	17,366	21,357	21,020	25,851	2,524	3,104	23,544	28,955
2027	17,515	22,187	22,130	28,033	2,691	3,409	24,821	31,442
2028	18,040	23,538	23,852	31,122	2,778	3,625	26,630	34,747
2029	18,541	24,917	25,592	34,394	2,930	3,937	28,522	38,331
2030	18,601	25,748	26,886	37,217	3,036	4,202	29,922	41,419

주: 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 적용한 결과임.

명목 급여액은 물가상승률 3% 적용함.

제 5 장

석면피해구제분담금 수입액 전망

제1절 석면피해구제분담금 수입액 전망 방법

제2절 석면피해구제분담금 수입액 전망 결과

5

석면피해구제분담금 수입액 전망 <<

제1절 석면피해구제분담금 수입액 전망 방법

□ 고용인구 변화를 반영한 석면피해구제분담금 수입 전망

○ 저출산에 따른 생산가능인구 감소, 경제상황 악화에 따른 사업장 고용인구 감소 등을 종합적으로 고려하여 고용인구 변화를 전망하고 이에 따른 분담금 수입 전망.

○ 중·장기 석면피해구제분담금 수입액 추계

석면피해구제분담금

■ 징수대상

- 「산업재해보상보험법」에 따른 산업재해보상보험의 보험관계가 성립되어 있는 상시근로자수가 20명 이상인 사업주(약 8만 개소)
- 건설업은 모든 사업장(건설업자가 시공하는 건설공사)(약 23만 개소)
※ '19.12월 기준 31만개 대상사업장에 부과

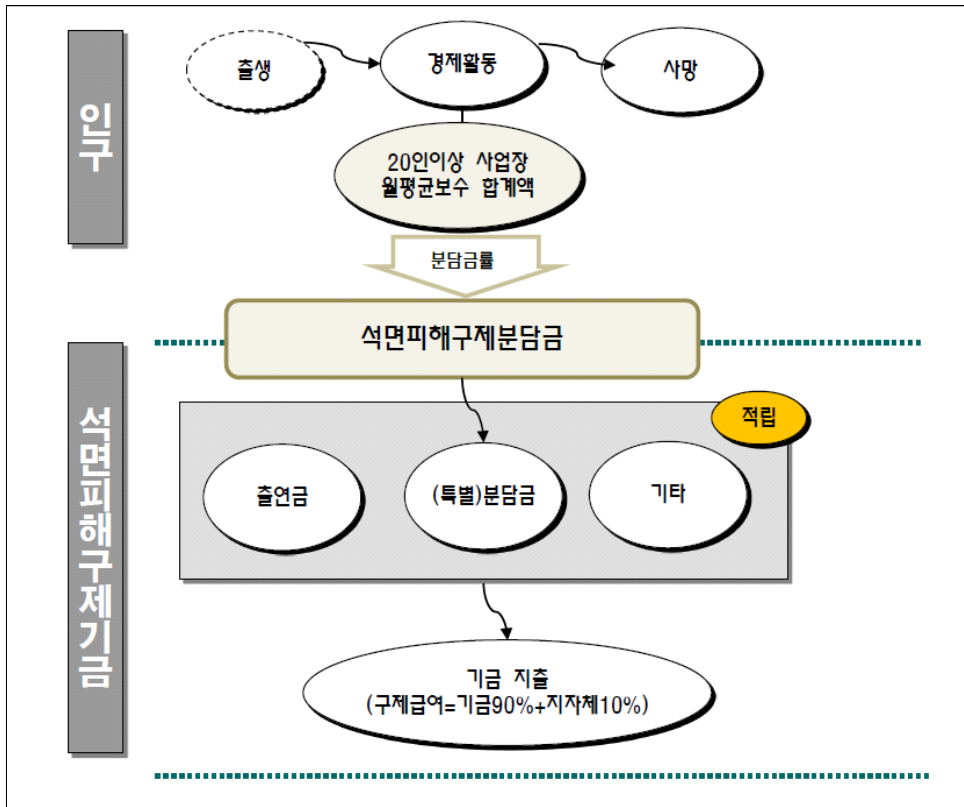
■ 분담금 산정

- 분담금 = 근로자 보수총액 × 석면피해구제분담금률
- 석면피해구제분담금률 : 환경부 장관이 매년고시
※ '19년도 석면피해구제분담금률 : 10만분의 3

■ 부과징수 위탁

- 부과: 근로복지공단
- 징수: 근로복지공단(건설공사), 국민건강보험공단(일반사업장)
※ 업무위탁비용: 분담금 산정액의 3%범위내

[그림 5-1] 석면피해구제분담금 수입액 전망을 위한 분석 개요



□ 수입추계의 전제

○ 이 연구의 수입추계의 범위는 법정분담금 수입규모에 한정하며, 2020년부터 2030년까지 기간에 대하여, 사회보장재정추계의 인구·거시경제전제와 고용노동부 고용노동통계를 활용하여 석면피해구제분담금 징수결정액을 결정하는 징수대상사업주의 근로자 보수총액을 추정하고 결산 기준 징수율을 적용하여 분담금 수입을 전망함

- 자기회귀나 오차수정모형과 같은 시계열방법론을 통해 수입규모를 추정해 볼 수 있을 것이나, 2011년 설치된 석면피해구제기금의 수입실적 기간이 비교적 짧고, 기금수입의 대부분을 차지하는 법정분담금 수입의 경

우 수입규모를 결정하는 분담금률 인하가 지속된 점을 고려했을 때, 중장기 기간에 대한 분담금 수입전망에는 조성법적 접근이 보다 적합한 것으로 판단

- 전망기간 동안 석면피해구제분담금률은 2020년 고시 분담금률 징수대상사업장 근로자 보수총액의 10만분의 3이 고정된 것으로 가정하여 징수결정액을 산정하며, 최근 3년 간의 법정분담금 결산 기준 징수결정액 대비 수납액 비율이 일정하게 유지됨을 가정하여 최종 분담금 수입액을 추정함

〈표 5-1〉 석면피해구제분담금 수입 세부 현황

(단위: 백만 원, %)

회계연도	분담금률	징수결정액(A)	수납액(B)	계	B/A*100	일반분담금		특별분담금	
						징수결정액	수납액	징수결정액	수납액
2011	십만분의5	12,450	11,414	11,414	91.7	12,057	11,021	393	393
2012		16,624	15,337	15,337	92.3	16,114	14,827	510	510
2013	십만분의4	15,054	13,816	13,816	91.8	14,511	13,273	543	543
2014		15,590	14,229	14,229	91.3	15,029	13,668	561	561
2015		16,438	14,981	14,981	91.1	15,876	14,419	562	562
2016		17,396	15,871	15,871	91.2	16,835	15,310	561	561
2017	십만분의3	14,720	13,372	13,372	90.8	14,112	12,815	608	557
2018		15,040	13,624	13,624	90.6	14,367	13,003	673	621
2019		15,703	14,278	14,278	90.9	15,032	13,608	671	671

자료: 환경부 내부자료

- 석면피해구제법(이하 “법”) 제32조에서 특별분담금률의 적용 대상을 별도로 규정하고 있으나, 별도 추계를 위한 가용자료의 한계로 법정분담금 추계에 포함하여 산출함.

□ 법정분담금 수입 추계 대상 및 방법

- 사업장수와 규모 등에 대한 전망은 그 결정요인을 특정하지 못하는 한계를 고려, 본 추계에서는 정부 사회보장재정추계 거시전제에서 제공하는 시나리오별 취업자수 및 명목임금상승률 가정과 고용노동부 고용형태별 근로실태조사

(2011~2019)와 사업체 노동실태현황(2017~2018)을 활용하여 2011~2030년까지의 상용임금근로자수를 구하고 그에 해당하는 임금총액을 추정

- 대상근로자 수의 경우 고용노동통계에서 5인 이상, 10인 이상, 30인 이상 또는 300인 미만/이상 등의 구간으로 주어진 근로자수 정보만 확인이 가능함. 이에 20인 이상 사업장 종사자 근로자규모를 별도로 추정하지 못하고 10인 이상 사업장 임금보수총액을 구하여 분담금률을 적용하여 산출한 10인 이상 사업장 대상 징수규모와 징수결정액 실적의 차이를 보정하는 방식을 적용함
- 근로자 보수총액 추정 시 적용하는 2020년 이후의 근로자 월평균보수는 모형별 활용하는 상용임금수준에 시나리오별 명목임금증가율을 적용하여 산출함
- 사업장 규모별 종사자수를 추정하고 그에 해당하는 규모별 상용임금총액을 적용하여 총보수액을 산정, 분담금률을 적용하여 10인 이상 사업장에 대한 징수대상규모를 추정하고, 결산 징수결정액 간의 차이를 사업장 규모의 차이에서 기인한 것으로 보아 2011년~2019년 평균 보정률(10인 이상 사업장 징수대상 추정규모 대비 결산상 징수 결정액 비율 평균 0.9303)을 적용하여 징수결정액을 추정함
- 법정분담금 수입액 규모는 연도별 수납률을 적용하여 산출하되, 2020년 이후는 최근 3년(2017~2019) 평균 수납률(90.78%)이 유지됨을 가정함
 - 구간별 대상근로자수 및 구간임금수준을 적용하지 않고 전산업평균임금과 근로자수를 다양한 조합으로 추정하는 등 다양한 방식으로 법정분담금 수입액 규모를 추정할 수 있으나, 위의 추정방식이 실적에 가장 근사하며 안정적인 결과를 보임

○ 이상의 추계 방법은 아래와 같은 수입추계 산식으로 제시함

연간 법정분담금 수입액추정치() = 징수결정액(= 10인 이상 사업장 징수대상규모() 보정률() X 수납률()

이때, = 10인 이상 사업장규모별 근로자수 * 해당 구간별 월평균 상용임금총액 * 12 * 분담금

를

- $a_{i,t}$ 는 거시경제 시나리오별(i :인구 및 경제 중위, 인구저위+경제비관 등) 10-29인, 30-99인, 100-299인, 300인 이상 구간에 해당하는 근로자수와 상용임금총액(월평균)을 각각 적용하고 12를 곱하여 산출한 10인 이상 사업장 근로자 연간보수 총액에 법정분담률을 곱하여 계산된 10인 이상 사업장 징수대상규모임
- 사업체 규모별 근로자 수의 추정
 - 먼저 장기재정전망 거시경제전제의 연도별 취업자 수(2019년까지 실적, 2020년 이후 전망치) 대비 고용노동부 사업체노동력조사 전 산업 상용근로자수의 비율을 계산하고 2019년 비율이 일정하다는 가정 하에 2020년 이후의 시나리오별 취업자 수 전망치에 적용하여 전 산업 상용근로자수를 산출함
 - 사업체 규모별(10인 이하, 10-29인, 30-99인, 100-299인, 300인 이상) 근로자수 비중이 유지됨을 가정하여 2020년 이후의 규모별 근로자수를 추정함

〈표 5-2〉 취업자 및 상용임금근로자 규모 추이

(단위: 명)

연도	취업자수(A)	상용임금근로자수(B)	B/A
2011	24,526,455	11,447,795	0.4668
2012	24,954,786	11,928,938	0.4780
2013	25,299,374	12,324,186	0.4871
2014	25,897,222	13,061,573	0.5044
2015	26,177,709	13,817,094	0.5278
2016	26,409,107	14,385,769	0.5447
2017	26,724,840	14,753,691	0.5521
2018	26,822,079	15,243,271	0.5683

주: 거시전제 취업자수 과거실적은 통계청 경제활동인구 취업자수를 기준함

자료: 통계청, 경제활동인구조사; 고용노동부, 사업체노동력조사(2011-2019)

〈표 5-3〉 사업체 규모별 상용근로자 점유비(2018)

(단위: 명)

규모별	상용근로자	점유비
전 규모	13,021,563	1
1~4인	1,562,834	0.1200
5~9인	2,061,780	0.1583
10~29인	2,825,862	0.2170
30~49인	1,129,487	0.0867
50~99인	1,346,569	0.1034
100~199인	1,142,360	0.0877
200~299인	552,921	0.0425
300~499인	550,190	0.0423
500~999인	597,667	0.0459
1000인이상	1,251,893	0.0961

자료: 고용노동부, 사업체 노동실태현황(2018)

- 사업체 규모별 평균임금 추정

- 고용노동부 사업체노동력조사 사업장 규모별 상용임금총액(월기준)을 기준으로 시나리오별 명목임금증가율을 적용하여 2020년 이후 규모별 상용임금총액을 산출함

〈표 5-4〉 사업체 규모별 상용임금총액

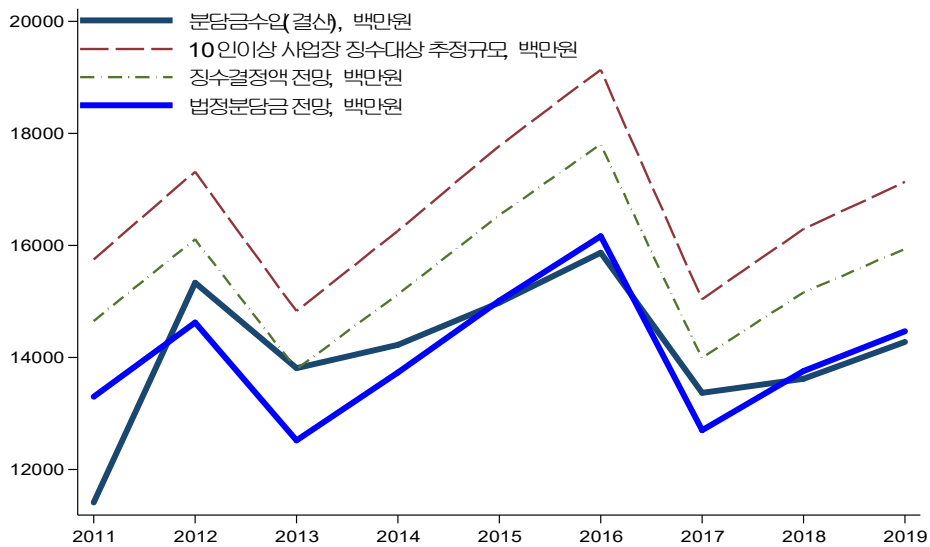
(단위: 원, 월)

연도	전규모(1인이상)	10~29인	30~99인	100~299인	300인이상
2011	2,805,993	2,562,142	2,864,059	3,113,378	4,272,934
2012	2,947,578	2,710,985	3,046,481	3,354,537	4,423,894
2013	3,045,636	2,814,676	3,144,525	3,483,899	4,583,214
2014	3,116,692	2,931,338	3,258,337	3,442,875	4,826,509
2015	3,204,163	3,062,761	3,351,142	3,486,538	5,016,705
2016	3,331,212	3,182,826	3,461,753	3,668,131	5,130,569
2017	3,417,905	3,266,781	3,519,093	3,881,003	5,145,412
2018	3,591,519	3,402,923	3,664,776	4,035,370	5,474,073

자료: 고용노동부, 사업체노동력조사(2011-2019)

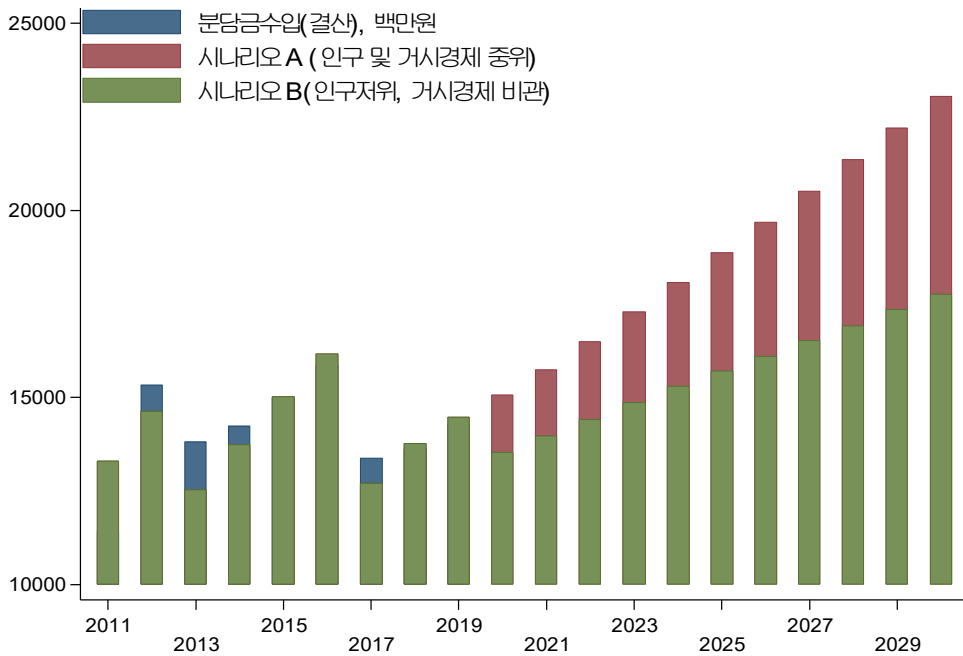
- 징수결정액은 20인 이상 사업장 근로자 연간보수 총액에 분담금률을 적용하여 구하는 것으로, 위의 10인 이상 사업장에 대한 징수대상규모 추정치($a_{i,t}$)와 각 회계연도 결산 상 징수결정액과의 차이를 10~19인 사업장에 대한 징수대상규모로 가정, 10인 이상 사업장 징수대상 추정규모 대비 결산상 징수 결정액 비율 2011~2019년 평균값(0.9303)을 보정률로 적용하여 20인 이상 사업장에 대한 징수결정액을 추정하고 최근 3년간의 평균 수납률이 유지됨을 가정하여 2020년 이후의 연도별 분담금 수납액 규모를 추계함

[그림 5-2] 2011~2019 수입결산 vs. 전망치 추이



제2절 석면피해구제분담금 수입액 전망 결과

[그림 5-3] 시나리오별 법정분담금 수입 전망



□ 상대적으로 낙관적인 인구 및 거시경제 전망에 기초한 시나리오 A의 경우, 2020년부터 2030년 기간 동안 법정분담금 수입은 연평균 4.3%씩 증가할 것으로 전망됨.

□ 한편 같은 기간 시나리오 B의 법정분담금 수입의 연평균 증가율은 2.8%로 전망되는데, 최근의 인구고령화 속도와 저성장 추세가 비교적 현실적으로 반영된 인구거시전제에 기초하고 있다는 점에서 석면피해구제기금의 안정적 재정운용을 위한 방안을 모색할 필요가 있음.

〈표 5-5〉 법정분담금 수입전망(현행 유지)

(단위: 백만 원)

연도	법정분담금 수입결산	시나리오A: 인구중위, 거시경제 중위			시나리오 B:인구저위, 거시경제 비관		
		10인 이상사업장 징수대상규 모(a)	징수결정액 전망치 (x)	법정분담금 수입 전망치(y)	10인 이상사업장 징수대상규 모(a)	징수결정액 전망치 (x)	법정분담금 수입 전망치(y)
2011	11,414	15,753	14,655	13,304	15,753	14,655	13,304
2012	15,337	17,318	16,111	14,626	17,318	16,111	14,626
2013	13,816	14,830	13,797	12,525	14,830	13,797	12,525
2014	14,229	16,260	15,126	13,732	16,260	15,126	13,732
2015	14,981	17,776	16,537	15,013	17,776	16,537	15,013
2016	15,871	19,141	17,807	16,165	19,141	17,807	16,165
2017	13,372	15,040	13,991	12,701	15,040	13,991	12,701
2018	13,624	16,296	15,160	13,762	16,296	15,160	13,762
2019	14,278	17,135	15,941	14,471	17,135	15,941	14,471
2020	.	17,839	16,595	15,065	16,031	14,913	13,538
2021	.	18,643	17,344	15,745	16,533	15,381	13,963
2022	.	19,523	18,162	16,487	17,067	15,877	14,413
2023	.	20,462	19,036	17,281	17,605	16,378	14,868
2024	.	21,390	19,899	18,065	18,122	16,859	15,304
2025	.	22,336	20,779	18,863	18,605	17,308	15,712
2026	.	23,308	21,684	19,684	19,056	17,728	16,093
2027	.	24,288	22,595	20,512	19,555	18,192	16,515
2028	.	25,283	23,521	21,352	20,021	18,626	16,908
2029	.	26,292	24,459	22,204	20,538	19,107	17,345
2030	.	27,300	25,397	23,056	21,028	19,563	17,759

- <표 5-6>은 현행 십만분의 3 수준인 법정분담금률을 2021년부터 각각 십만분의 1씩 조정하는 것을 가정할 경우의 법정분담금 수입 전망치를 제시하고 있음
- 법정분담금률을 십만분의 4로 인상할 경우, 2021~2030년 기간 동안 현행 대비 시나리오별로 연평균 약 53억 원에서 64억 원 가량 법정분담금 수입이 확대될 것으로 예상
- 법정분담금률을 십만분의 5로 인상할 경우, 같은 기간 현행 대비 시나리오별로 연평균 약 106억 원에서 129억 원정도 분담금 수입 증가를 기대할 수 있을 것으로 전망됨

<표 5-6> 법정분담금률 조정안에 따른 수입전망(2021년 인상 가정)

(단위: 백만 원)

연도	시나리오A: 인구중위, 거시경제 중위			시나리오 B: 인구저위, 거시경제 비관		
	현행분담금률	4/10만	5/10만	현행분담금률	4/10만	5/10만
2020	15,065	15,065	15,065	13,538	13,538	13,538
2021	15,745	20,993	26,241	13,963	18,617	23,271
2022	16,487	21,983	27,479	14,413	19,218	24,022
2023	17,281	23,041	28,802	14,868	19,823	24,779
2024	18,065	24,086	30,108	15,304	20,406	25,507
2025	18,863	25,151	31,439	15,712	20,949	26,187
2026	19,684	26,246	32,807	16,093	21,458	26,822
2027	20,512	27,349	34,187	16,515	22,020	27,525
2028	21,352	28,470	35,587	16,908	22,545	28,181
2029	22,204	29,606	37,007	17,345	23,127	28,909
2030	23,056	30,741	38,426	17,759	23,679	29,598

- 석면피해구제기금의 수입과 지출을 본 연구에서 다룬 ‘석면피해구제분담금’과 ‘석면피해 구제급여 지급’ 이외의 항목으로 확대하여 재정 수지를 검토할 경우, 기금 여유자금 고갈이 더욱 앞당겨질 것으로 예상됨

제 6 장 결론

제1절 석면피해 구제급여 지출 및 분담금 수입 전망

제1절 석면피해 구제급여 지출 및 분담금 수입 전망

가. 석면피해 구제급여 지출 전망

□ 본 연구에서 구축한 기본 모형을 기준으로 하여 질병별 발생자수를 예측하고, 이의 결과로 시나리오를 구성하여 향후 석면피해 구제급여 소요액을 전망함.

□ 물가인상률을 반영하지 않은 구제급여 소요액은 2021년에 약 164억, 2022년에 174억, 2023년에 186억 원이 지출될 것으로 전망됨.

□ 물가인상률 3%를 반영한 구제급여 소요액은 2021년에 약 174억, 2022년에 190억, 2023년에 210억 원이 지출될 것으로 전망됨.

〈표 6-1〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망

(단위: 백만 원)

연도	기본모형		발생자 증감 전망(C)		특별유족 전망(D)		계(C+D)	
	불변	명목	불변	명목	불변	명목	불변	명목
2020	13,472	13,876	13,599	14,007	1,684	1,735	15,283	15,742
2021	13,977	14,828	14,337	15,210	2,026	2,149	16,363	17,359
2022	14,659	16,018	15,370	16,796	1,985	2,169	17,355	18,965
2023	15,230	17,142	16,376	18,431	2,241	2,522	18,617	20,953
2024	18,071	20,949	20,160	23,371	2,263	2,624	22,423	25,995
2025	17,387	20,761	20,170	24,084	2,461	2,939	22,631	27,023
2026	17,366	21,357	21,020	25,851	2,524	3,104	23,544	28,955
2027	17,515	22,187	22,130	28,033	2,691	3,409	24,821	31,442

주: 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 적용한 결과임.
물가상승률은 3% 적용함.

나. 석면피해구제분담금 수입 전망

□ 상대적으로 낙관적인 인구거시 전망을 전제로 한 시나리오 A에 의하면 법정분담금 수입은 2020년에 151억 원, 2021년에 157.5억 원 수준에 이를 것으로 예상된다.

〈표 6-2〉 법정분담금 수입전망

(단위: 백만 원)

연도	시나리오A: 인구중위, 거시경제 중위	시나리오 B:인구저위, 거시경제 비관
	법정분담금수입 전망치(y)	법정분담금수입 전망치(y)
2020	15,065	13,538
2021	15,745	13,963
2022	16,487	14,413
2023	17,281	14,868
2024	18,065	15,304
2025	18,863	15,712
2026	19,684	16,093
2027	20,512	16,515
2028	21,352	16,908
2029	22,204	17,345
2030	23,056	17,759

다. 수입전망과 지출전망을 통한 재정수지 검토

□ '19년도 말 기준 기금 여유자금의 약 432억 원이므로, 2027년이 되면 기금이 고갈될 것으로 예상되며, 이에, 기금의 지속가능성을 확보하기 위해 석면피해구제 분담금률을 인상할 필요가 있음.

□ 특히, 저출산으로 인한 인구감소가 가속화되고 경제 성장이 다소 비관적이라는 시나리오를 적용한다면, 기금여유자금은 1년이 더 앞당겨진 2026년에 기금이 고갈될 것으로 예상된다.

〈표 6-3〉 석면피해구제분담금 수입(중위) 및 구제급여 지출 전망

(단위: 백만 원)

연도	기본모형(A)+특별유족(B)		수입전망 (중위)	수입(F)-지출(E)	
	불변	명목(E)	명목(F)	(차이)	(누적)
2020	15,283	15,742	15,065	-677	-677
2021	16,363	17,359	15,745	-1,614	-2,291
2022	17,355	18,965	16,487	-2,478	-4,769
2023	18,617	20,953	17,281	-3,672	-8,441
2024	22,423	25,995	18,065	-7,930	-16,371
2025	22,631	27,023	18,863	-8,160	-24,531
2026	23,544	28,955	19,684	-9,271	-33,802
2027	24,821	31,442	20,512	-10,930	-44,732
2028	26,630	34,747	21,352	-13,395	-58,127
2029	28,522	38,331	22,204	-16,127	-74,254
2030	29,922	41,419	23,056	-18,363	-92,617

주: 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 적용한 결과임.
 특별유족은 예측 모형 전망 결과를 반영
 물가상승률은 3% 적용함.

〈표 6-4〉 석면피해구제분담금 수입(저위) 및 구제급여 지출 전망

(단위: 백만 원)

연도	기본모형(A)+ 특별유족(B)		수입전망 (인구 저위 경제 비관적)	수입(F)-지출(E)	
	불변	명목(E)	명목(F)	(차이)	(누적)
2020	15,283	15,742	13,538	-2,204	-2,204
2021	16,363	17,359	13,963	-3,396	-5,600
2022	17,355	18,965	14,413	-4,552	-10,152
2023	18,617	20,953	14,868	-6,085	-16,237
2024	22,423	25,995	15,304	-10,691	-26,928
2025	22,631	27,023	15,712	-11,311	-38,239
2026	23,544	28,955	16,093	-12,862	-51,101
2027	24,821	31,442	16,515	-14,927	-66,028
2028	26,630	34,747	16,908	-17,839	-83,867

주: 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 적용한 결과임.
 물가상승률은 3% 적용함.

라. 수입전망과 지출전망을 통한 재정수지 검토(기금 전체)

□ 석면피해구제기금의 수입항목은 석면피해구제분담금 외에도 정부전입금, 기타수입(기타재산수입, 가산금, 기타경상이전수입, 기금예탁이자수입)으로 구성되며, 지출항목은 석면피해구제급여 외에도 석면건강영향조사, 석면안전관리사업 등의 사업비와 기금운영비로 구성되므로,

□ 석면피해구제분담금 수입전망과 석면피해구제급여지급 지출전망 결과를 바탕으로 석면피해구제기금 전체에 대한 수입과 지출에 대한 재정수지를 살펴보면, 기금의 여유자금¹⁾이 2025년으로 앞당겨져 고갈됨을 알 수 있음.

〈표 6-5〉 석면피해구제기금 수입 및 지출 전망(기금 전체)

(단위: 백만 원)

구 분		2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
총 수 입 (A)	소 계	17,119	17,391	18,133	18,732	19,321	20,119
	석면피해구제분담금	15,065	15,745	16,487	17,281	18,065	18,863
	정부전입금	500	500	500	500	500	500
	기타 수입	1,554	1,146	1,146	951	756	756
총 지 출 (B)	소 계	20,945	24,121	26,032	27,880	33,143	34,285
	석면피해구제급여	15,742	17,359	18,965	20,953	25,995	27,023
	석면건강영향조사	781	948	976	1,005	1,035	1,035
	석면안전관리	2,525	3,810	3,992	3,722	3,806	3,806
	기금운영비	1,897	2,004	2,099	2,200	2,307	2,421
총수입-총지출(B)		-3,826	-6,730	-7,899	-9,148	-13,822	-14,166
여유자금		39,435	32,705	24,806	15,658	1,836	-12,330

주: 석면피해구제분담금은 수입(중위) 전망반영, 석면피해구제급여는 명목지출 반영, 정부전입금·기타수입·석면건강영향조사·석면안전관리·기금운영비 등은 석면피해구제기금의 중기사업계획 반영

□ 따라서 현행 십만분의 3 수준인 법정분담금률을 십만분의 4 또는 5로 인상하고 정부전입금을 30억~45억으로 인상할 경우, 2025~2027년 기간 동안 발생하게 될 석면피해구제기금의 적자 재정을 사전에 예방할 수 있으며, 현재의 여유자금을 보다 안정적으로 운영함으로써, 구제급여 범위를 확대하여 실제 석면으로 인한 건강피해자를 구제하는 기금의 역할을 충실하게 이행할 수 있을 것임.

참고문헌 <<

- 곽경민, 주영수, 권영준, 정윤경, 백도명, 황승식. (2015). 대한직업환경의학회 학술대회 논문집. Vol.2015 No.11.
- 김동일, 심상효, 홍정연, 김화정, 최호영. (2012). 석면피해 구제 급여 지급액 개선방안 연구. 한국환경공단 · 성균관대학교.
- 윤형규 외. (2019). 의료기관 중심 석면폐암 감시체계 운영. 환경부가톨릭대학교 산학협력단.
- 이수형, 나종익, 현준원, 박동일, 전주열, 신영석, 조성호, 전주열, 강지원, 이정아. (2018). 석면 건강피해자 지원 개선방안 연구. 환경부 · 한국보건사회연구원
- 이종협 · 최기혁. (1994). SAS/ETS를 이용한 시계열 분석과 그 응용. 자유아카데미.
- 전승훈 · 박승준, 공적이전소득이 사적이전소득에 미치는 영향 분석, 한국경제연구, 제29권 제4호 p171-205
- 전용일 · 김형렬 · 김인아 · 임두빈 외. (2014). 석면피해구제기금 증장기 소요 예측 및 운영 개선방안 연구. 환경부 · 한국고용복지연금연구원
- 통계청. 각 연도별 경제활동인구조사.
- An YS, Kim HD, Kim HC, Jeong KS, Ahn YS. (2018). The characteristics of asbestos-related disease claims made to the Korea Workers' Compensation and Welfare Service (KCOMWEL) from 2011 to 2015. Ann Occup Environ Med 2018;30:45.
- Antti Tossavainen. (2005). Helsinki Criteria for Asbestos-Related Disease. International Occupational Hygiene Association.
- Antao VC, Pinheiro GA, Wassell JT. (2009). Asbestosis mortality in the USA: facts and predictions. Occup Environ Med 2009;66:335-8.
- Barber CM, Wiggans RE, Young C, Fishwick D. (2016). UK asbestos imports and mortality due to idiopathic pulmonary fibrosis. Occup Med (Lond) 2016;66:106-11.
- Barone-Adesi F, Ferrante D, Chellini E, et al. (2019). Role of asbestos clearance in explaining long-term risk of pleural and peritoneal cancer: a pooled analysis

- of cohort studies. *Occup Environ Med* 2019;76:611-6.
- Choi Y, Lim S, Paek D. (2013). Trades of dangers: a study of asbestos industry transfer cases in Asia. *Am J Ind Med* 2013;56:335-46.
- Diandini R, Takahashi K, Park EK, et al. (2013). Potential years of life lost (PYLL) caused by asbestos-related diseases in the world. *Am J Ind Med* 2013;56:993-1000.
- Frank AL, Joshi TK. (2014). The global spread of asbestos. *Ann Glob Health* 2014;80:257-62.
- Ferrante D, Chellini E, Merler E, et al. (2017). Italian pool of asbestos workers cohorts: mortality trends of asbestos-related neoplasms after long time since first exposure. *Occup Environ Med* 2017;74:887-98.
- Furuya S, Chimed-Ochir O, Takahashi K, David A, Takala J. (2018). Global Asbestos Disaster. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15.
- Girardi P, Bressan V, Merler E. (2014). Past trends and future prediction of mesothelioma incidence in an industrialized area of Italy, the Veneto Region. *Cancer Epidemiol* 2014;38:496-503.
- Kameda T, Takahashi K, Kim R, et al. (2014). Asbestos: use, bans and disease burden in Europe. *Bull World Health Organ* 2014;92:790-7.
- Kang DM, Kim JE, Kim JY, et al. (2016). Environmental asbestos exposure sources in Korea. *Int J Occup Environ Health* 2016;22:307-14.
- Kang DM, Kim JE, Kim YK, Lee HH, Kim SY. (2018). Occupational Burden of Asbestos-Related Diseases in Korea, 1998-2013: Asbestosis, Mesothelioma, Lung Cancer, Laryngeal Cancer, and Ovarian Cancer. *J Korean Med Sci* 2018;33:e226.
- Kang D, Kim YY, Shin M, et al. (2018). Relationships of Lower Lung Fibrosis, Pleural Disease, and Lung Mass with Occupational, Household, Neighborhood, and Slate Roof-Dense Area Residential Asbestos Exposure. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15.
- Kim SY, Kim YC, Kim Y, Hong WH. (2016). Predicting the mortality from asbestos-related diseases based on the amount of asbestos used and the effects of slate buildings in Korea. *Sci Total Environ* 2016;542:1-11.
- Kwak KM, Paek D, Hwang SS, Ju YS. Estimated future incidence of malignant

- mesothelioma in South Korea: Projection from 2014 to 2033. (2017). PLoS One. 2017;12(8):e0183404.
- Le GV, Takahashi K, Park EK, et al. (2011). Asbestos use and asbestos-related diseases in Asia: past, present and future. *Respirology* 2011;16:767-75.
- Lee LJ-H, Lin C-K, Pan C-H, et al. (2018). Clustering of malignant pleural mesothelioma in asbestos factories: a subgroup analysis in a 29-year follow-up study to identify high-risk industries in Taiwan. *BMJ Open* 2018;8:e021063. doi:10.1136/bmjopen-2017-021063.
- Leong SL, Zainudin R, Kazan-Allen L, Robinson BW. (2015). Asbestos in Asia. *Respirology* 2015;20:548-55.
- Lin RT, Chang YY, Wang JD, Lee LJ. (2019). Upcoming epidemic of asbestos-related malignant pleural mesothelioma in Taiwan: A prediction of incidence in the next 30 years. *J Formos Med Assoc* 2019;118:463-70.
- Lin, RT., Takahashi, K., Karjalainen, A., Hoshuyama, T., Wilson, D., Kameda, T., Chan, CC., Wen, CP., Furuya, S., Higashi, T., Chien, L. C., Ohtaki, M. (2007). Ecological association between asbestos-related diseases and historical asbestos consumption: an international analysis, *Lancet*, 369, 844-849.
- Luberto, F., Ferrante, D., Silvestri, S. et al. Cumulative asbestos exposure and mortality from asbestos related diseases in a pooled analysis of 21 asbestos cement cohorts in Italy. *Environ Health* 18, 71 (2019).
- Marinaccio A1, Montanaro F, Mastrantonio M, Uccelli R, Altavista P, Nesti M, Costantini AS, Gorini G. (2005). Predictions of mortality from pleural mesothelioma in Italy: a model based on asbestos consumption figures supports results from age-period-cohort models. *Int J Cancer*. 20;115(1):142-7.
- Martínez Miranda, B Nielsen, JP Nielsen. (2015). Inference and forecasting in the age-period-cohort model with unknown exposure with an application to mesothelioma mortality. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*.
- Murayama Takehiko, Takahashi Ken, Natori Yuji, Kurumatani Norio. (2006). Estimation of Future Mortality From Pleural Malignant Mesothelioma in Japan Based on an Age-Cohort Model. *AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL*

MEDICINE 49:1-7 (2006).

Reid A, de, Klerk NH, Magnani C, et al. (2014). Mesothelioma risk after 40 years since first exposure to asbestos: a pooled analysis. Thorax 2014;69:843-850.

Selikoff, Ij. and H. Seidman. (1981). Cancer of the pancreas among asbestos insulation workers. Cancer 1981;47:1469-1473.

Stayner L, Welch LS, Lemen R. (2013). The worldwide pandemic of asbestos-related diseases. Annu Rev Public Health 2013;34:205-16.

Walker AM, Loughlin JE, Friedlander ER, Rothman KJ, Dreyer NA. (1983). Projections of asbestos-related disease 1980-2009. Journal of Occupational medicine. : Official Publication of the Industrial Medical Association, 01 May 1983, 25(5):409-425.

William J. Nicholson, George Perkel, Irving J. Selikoff. (1982). Occupational exposure to asbestos: Population at risk and projected mortality-1980-2030. AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE 3:259-311.

Yoon YR, Kwak KM, Choi Y, et al. (2018). The Asbestos Ban in Korea from a Grassroots Perspective: Why Did It Occur? Int J Environ Res Public Health 2018;15.

〈인터넷 자료〉

www.adrc.or.kr (접속일자: 2019년 11월 5일)

고용노동부, 사업체 노동실태현황.

http://stathtml.moel.go.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=118&tblId=DT_118N_SAUPN50&conn_path=I3 (2020.4.24. 인출)

고용노동부, 사업체노동력조사.

http://stathtml.moel.go.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=118&tblId=DT_118N_MON045&conn_path=I3 (2020. 4.27. 인출.)

부록: 석면피해 발생자수 전망 <<

가. 물가상승률을 2% 적용할 경우의 구제급여 전망

〈부표 1-1〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망

(단위: 백만 원)

연도	기본모형(A)		특별유족(B)		계(A+B)	
	불변	명목	불변	명목	불변	명목
2020	13,472	13,876	1,684	1,718	15,156	15,460
2021	13,977	14,828	2,026	2,108	16,003	16,650
2022	14,659	16,018	1,985	2,106	16,644	17,662
2023	15,230	17,142	2,241	2,426	17,471	18,912
2024	18,071	20,949	2,263	2,499	20,334	22,451
2025	17,387	20,761	2,461	2,772	19,848	22,352
2026	17,366	21,357	2,524	2,899	19,890	22,847
2027	17,515	22,187	2,691	3,153	20,206	23,674
2028	18,040	23,538	2,778	3,320	20,818	24,879
2029	18,541	24,917	2,930	3,571	21,471	26,172
2030	18,601	25,748	3,036	3,775	21,637	26,903

주: 기본모형은 마르코프 코호트 시뮬레이션 모형을 적용한 결과임.
물가상승률은 2% 적용

〈부표 1-2〉 발생자수 전망에 따른 구제급여 전망

(단위: 백만 원)

연도	기본모형		발생자 증감 전망(C)		특별유족 전망(D)		계(C+D)	
	불변	명목	불변	명목	불변	명목	불변	명목
2020	13,472	13,876	13,599	13,871	1,684	1,718	15,283	15,589
2021	13,977	14,828	14,337	14,916	2,026	2,108	16,363	17,024
2022	14,659	16,018	15,370	16,311	1,985	2,106	17,355	18,417
2023	15,230	17,142	16,376	17,726	2,241	2,426	18,617	20,152
2024	18,071	20,949	20,160	22,258	2,263	2,499	22,423	24,757
2025	17,387	20,761	20,170	22,714	2,461	2,772	22,631	25,486
2026	17,366	21,357	21,020	24,145	2,524	2,899	23,544	27,044
2027	17,515	22,187	22,130	25,928	2,691	3,153	24,821	29,081
2028	18,040	23,538	23,852	28,506	2,778	3,320	26,630	31,826
2029	18,541	24,917	25,592	31,197	2,930	3,571	28,522	34,768
2030	18,601	25,748	26,886	33,430	3,036	3,775	29,922	37,205

주: 벡터오차수정모형으로 신규 발생자수를 전망하고, 이의 증감률을 기본 모형(마르코프 코호트 시뮬레이션)에 반영한 결과임.
물가상승률은 2% 적용함.

나. 기본 모형의 발생자수 가정

□ 기본모형에서는 질병 발생률을 최근 3년간(2017년~2019년) 평균으로 가정하여 시뮬레이션하였으나, 발생률 기간을 더욱 확대하여 기본 모형 결과를 재산출함.

○ 최근 7년간(2013년~2019년)의 평균 질병 발생률에 증감률을 반영하여 기본 모형에 적용함.

구분	악성종피종	폐암	폐증1급	폐증2급	폐증3급	폐증3급 (조정)
40-59세	-7.2	-2.6	-100.0	-4.3	12.9	10.0
60-64세	11.7	13.3	-9.4	0.7	13.3	10.0
70-74세	0.9	7.8	0.0	0.2	21.2	10.0
80세 이상	17.0	19.6	-9.4	0.3	45.0	10.0

주: 연평균증가율=((마지막 년도 값/첫해의 값)^(1/기간)-1)*100

〈부표 1-3〉 누적 인정자수 변화

(단위: 명)

연도	약성 중피종	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계
2020	221.2	280.4	151.3	643.7	1,263	2,560.1
2021	233.3	299.4	153.0	627.3	1,231	2,543.7
2022	253.2	328.0	154.0	636.8	1,248	2,619.7
2023	274.3	360.4	153.7	653.3	1,277	2,718.9
2024	324.3	431.5	167.3	752.1	1,461	3,136.4
2025	315.2	470.4	166.5	742.3	1,453	3,147.0
2026	339.9	532.7	165.2	741.8	1,460	3,239.2
2027	377.3	607.1	163.0	743.6	1,470	3,361.3
2028	434.8	712.1	161.7	756.8	1,502	3,567.1
2029	486.0	813.7	158.5	812.6	1,617	3,887.7
2030	570.1	968.4	156.5	764.0	1,523	3,981.8

〈부표 1-4〉 구제급여 소요액

(단위: 백만 원)

연도	약성 중피종	폐암	석면폐증 1급	석면폐증 2급	석면폐증 3급	계
2020	3,740	4,466	1,628	1,716	1,960	13,510
2021	4,041	4,904	1,692	1,761	1,950	14,348
2022	4,510	5,522	1,750	1,865	2,028	15,675
2023	5,035	6,240	1,794	1,986	2,134	17,189
2024	7,071	8,032	2,066	1,964	2,692	21,825
2025	6,779	8,927	2,111	2,042	2,737	22,596
2026	7,355	10,322	2,150	2,149	2,812	24,788
2027	8,330	12,043	2,178	2,262	2,900	27,713
2028	9,840	14,478	2,217	2,421	3,031	31,987
2029	11,349	16,983	2,232	2,709	3,346	36,619
2030	13,750	20,744	2,261	2,680	3,223	42,658

주: 물가상승률 3% 적용

다. 모형에 적용된 추계 인구수

〈부표 1-5〉 추계 인구수

(단위: 명)

연도	pop40-59	pop60-69	pop70-79	pop80+	전체인구수
2020	16,975,085	5,456,887	3,251,115	1,528,426	51,361,911
2021	16,975,985	5,749,217	3,376,657	1,637,114	51,606,633
2022	16,931,525	6,080,337	3,475,951	1,758,677	51,709,098
2023	16,878,775	6,472,987	3,591,533	1,874,109	51,780,579
2024	16,783,393	6,962,027	3,651,128	1,987,608	51,821,669
2025	16,809,330	7,232,304	3,761,149	2,138,710	51,846,339
2026	16,714,359	7,565,567	3,875,843	2,277,776	51,868,100
2027	16,672,834	7,760,883	4,054,486	2,359,934	51,887,623
2028	16,502,781	7,897,917	4,356,192	2,441,267	51,905,126
2029	16,347,587	8,042,365	4,679,594	2,472,497	51,920,462
2030	16,186,140	8,141,077	4,928,370	2,603,244	51,933,215

주: 중위 추계 기준
자료: 통계청, 국가통계포털